

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



---

**“UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO BASADO EN UNA  
ESTRATEGIA DE CONTROL ON/OFF Y TECNOLOGÍA GSM ES LA  
MANERA MÁS ADECUADA PARA EVITAR EL REBOSE DEL  
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN EL RESERVORIO DE LA  
MUNICIPALIDAD DE ASCOPE”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE  
PROCESOS**

**AUTOR:** BR. MEDRANO HERRERA, Carlos Franco  
BR. TRUJILLO HUAMAN, Sergio Jhonatan

**ASESOR:** ING. LLANOS LEON, Lenin Humberto

**TRUJILLO - PERÚ**

**2016**

**“UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO BASADO EN UNA  
ESTRATEGIA DE CONTROL ON/OFF Y TECNOLOGÍA GSM ES  
LA MANERA MÁS ADECUADA PARA EVITAR EL REBOSE DEL  
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN EL RESERVORIO DE LA  
MUNICIPALIDAD DE ASCOPE”**

Elaborado Por:

---

Br. Carlos Franco Medrano Herrera.

---

Br. Sergio Jhonatan Trujillo Huamán.

Aprobado por:

---

Ing. Saúl Noé Linares Vértiz  
PRESIDENTE  
CIP N° 142213

---

Ing. Luis Alberto Vargas Díaz  
SECRETARIO  
CIP N° 104175

---

Ing. Oscar Miguel de la Cruz Rodríguez  
VOCAL  
CIP N° 085598

---

Ing. Lenin Humberto Llanos León  
ASESOR  
CIP N° 139213

## **PRESENTACION**

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO BASADO EN UNA ESTRATEGIA DE CONTROL ON/OFF Y TECNOLOGÍA GSM ES LA MANERA MÁS ADECUADA PARA EVITAR EL REBOSE DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN EL RESERVORIO DE LA MUNICIPALIDAD DE ASCOPE”**

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusando anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Diciembre del 2016

Br. Carlos Franco Medrano Herrera

Br. Sergio Jhonatan Trujillo Huamán

# ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract .....	v
Contenido .....	vi

## **DEDICATORIA**

Doy gracias Dios, a mis queridos padres María y Erick por todo, ellos son artífices de este logro, mi mayor inspiración.

Les agradezco por confiar siempre en mí, por toda su ayuda brindada y su tiempo compartido durante esta etapa importante de mi vida.

**Franco.**

Gracias a mis padres Elva y Franklin por su apoyo incondicional, consejos y enseñanzas para poder culminar esta etapa de mi vida.

**Sergio.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de poder llegar a nuestras metas trazadas, realizar objetivos y por darnos salud y su infinito amor.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para la realización de nuestro Trabajo de Tesis y así abrirnos camino en el ámbito laboral.

A todos nuestros profesores universitarios de Ingeniería Electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para nuestro desarrollo profesional.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se centra en realizar un sistema de control remoto basado en una estrategia de control ON/OFF y tecnología GSM es la manera más adecuada para evitar el rebose del sistema de bombeo de agua en el reservorio de la municipalidad de Ascope.

En el Primer Capítulo del presente trabajo, se aborda la problemática que ocasiona el rebose del Reservorio de Agua Potable de la Municipalidad de Ascope. En él exponemos nuestro objetivo y damos a conocer la importancia de dar una solución debido a estar causando tiempos perdidos y malestar en la población.

En el Segundo Capítulo, se presenta el marco teórico y un sustento válido del porqué la elección de realizar un sistema de control remoto basado en una estrategia de control ON/OFF y tecnología GSM es la manera más adecuada para evitar el rebose del sistema de bombeo de agua en el reservorio de la municipalidad de Ascope y también reforzar la solución que estamos proponiendo.

En el Tercer Capítulo, se procede con el estudio de las posibles tecnologías y desarrollo de la solución, detallamos los equipos y accesorios utilizados para lograr los objetivos trazados.

En el Cuarto Capítulo mostramos los resultados de la selección en cuanto a Tecnología de comunicación inalámbrica y Estrategia de Control para monitorear el Nivel Alto del Reservorio de Agua Potable.

Y en los últimos dos capítulos mostramos una breve discusión de nuestros resultados y las conclusiones a las que llegamos.

## **ABSTRACT**

The present research work focuses on the implementation of a remote control system based on an ON/OFF control strategy and GSM technology is the most convenient way to avoid overflow of the water pumping system in the city reservoir of Ascope.

In the First Chapter of the present work, the problem that causes the rescue of the Reservoir of Drinking Water of the Municipality of Ascope is addressed. In it expose our goal and give a look at the importance of giving a solution for a while that caused the times lost and discomfort in the population.

In the second chapter, the theoretical framework is presented and a valid basis for why the choice of performing a remote control system based on an ON/OFF control strategy and GSM technology is the most appropriate way to avoid bouncing the pumping system Of water in the reservoir of the municipality of Ascope and also to reinforce the solution that is proposing.

In the Third Chapter, for the study of possible technologies and the development of the solution, we detail the equipment and accessories used to achieve the objectives outlined.

In the Fourth show the results of the selection in the area of Wireless Communication Technology and Control Strategy for the upper level of the Potable Water Reservoir.

And in the last two chapters we showed a brief discussion of our results and the conclusions we reached.



## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	2
1.1.	Realidad problemática .....	2
1.2.	Delimitación del problema.....	3
1.3.	Características y Análisis Del Problema.....	3
1.4.	Formulación del Problema.....	4
1.5.	Formulación de la Hipótesis .....	4
1.6.	Objetivos del estudio .....	4
1.7.	Justificación del Estudio .....	5
1.8.	Limitaciones del estudio .....	5
1.9.	Aportes.....	6
2.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.	Antecedentes de la Investigación.....	8
2.2.	Bases teóricas.....	10
3.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	35
3.1.	Material.....	35
3.2.	Método .....	35
4.	RESULTADOS .....	63
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....	68
6.	CONCLUSIONES.....	70
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
7.	ANEXOS .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en localidades urbanas.....	11
Figura N°2: Propagación de ondas .....	14
Figura N°3: Línea de vista lejana .....	15
Figura N°4: Patrón de elevación de la antena Parabólica.....	17
Figura N°6: Mapas y Fotografías para la elaboración de un radio enlace.....	19
Figura N°7: Herramientas de Simulación para la planificación de un Radio Enlace....	21
Figura N°8: Sistema de Telemetría .....	22
Figura N°9: Diseño de la Tarjeta.....	23
Figura N°12: Vista Frontal módem GSM1208 .....	28
Figura N°13: Vista trasera módem GSM1208 .....	28
Figura N°14: Diagrama P&ID de Estrategia de Control Cascada .....	29
Figura N°15: Diagrama de Bloques de Estrategia de Control Anticipativo .....	30
Figura N°16: Diagrama P&ID de Estrategia de Control Anticipativo .....	31
Figura N°17: Diagrama de Bloques de Estrategia de Rango Partido .....	32
Figura N°18: Diagrama P&ID de Estrategia de Control Selectivo .....	33
Figura N°19: Perfil topográfico directo.....	40
Figura N°20: Dimensiones del Reservorio de Ascope .....	41
Figura N° 21: Plano P&ID de la Planta de Tratamiento .....	42
Figura N°22: Perfil topográfico directo.....	43
Figura N°23: Software Radio Mobile.....	44
Figura N°24: Propiedades de la red del Radio Enlace .....	44
Figura N°25: Miembro de la Red .....	45
Figura N°26: Parámetros de los Equipos.....	45
Figura N°27: Perfil del Enlace del Reservorio y la planta de tratamiento .....	46
Figura N°28: Esquema de la Propuesta de Trabajo en GSM .....	48
Figura N°29: Propuesta de Trabajo en la estructura de la Red GSM.....	49
Figura N°30: Módem Enfora GSM1208 .....	49
Figura N°31: Cable Serial .....	50
Figura N°32: Tarjeta SIM.....	50
Figura N°33: Vista Tridimensional de las antenas de la planta y el reservorio de la Municipalidad de Ascope .....	51
Figura N°34: Detalles del Enlace del Reservorio y la planta de tratamiento .....	51
Figura N°35: Esquema de la Propuesta por Radio Enlace .....	52
Figura N°36: Antena RocketDish vista lateral .....	52
Figura N°37: Sistema de Radio Rocket M5 .....	52
Figura N°38: Propuesta de Trabajo con la estrategia ON/OFF .....	54
Figura N°39: SENSOR VEGACAP63 .....	55
Figura N°40: RELE SPDT .....	55
Figura N°41: Circulina Estroboscópica.....	56
Figura N°42: Propuesta de control PID.....	57
Figura N°43: SENSOR SITRANS Probe LU .....	58
Figura N°44: VARIADOR DE FRECUENCIA ALTIVAR61 .....	58
Figura N°45: CONTROLLER INSIDER SCHNEIDER .....	59
Figura N°47: Verificación de Comunicación entre módems GSM.....	63
Figura N°30: Módem Enfora GSM1208 .....	64
Figura N°31 : Cable Serial .....	64
Figura N°32: Tarjeta SIM.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1, Frecuencias de Operación GSM.....	25
Tabla 2, Comando AT más utilizados .....	27
Tabla 3, Operacionalización de la variable dependiente .....	37
Tabla 4, Operacionalización de la variable independiente .....	38
Tabla 5, Coordenadas de la Planta de agua y el Reservorio.....	40
Tabla 6, Tabla de Dimensiones .....	41
Tabla 7, Cobertura de ISP en Ascope.....	43
Tabla 8, Capacidades para las Medidas.....	47
Tabla 9, Tiempo de llenados.....	47
Tabla 10, Tabla de Costos de los Componentes del sistema GSM .....	50
Tabla 11, Tabla de Costos de los Componentes .....	53
Tabla 13, Tabla de Costos de los Componentes PID .....	60
Tabla 14, Tabla Comparativa de Propuestas Telemétricas. ....	60
Tabla 15, Tabla Comparativa de Propuestas de estrategias de control .....	61
Tabla 16, Tabla de Costos de Propuesta Final.....	66

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en su Trigésimo Tercero Política de Estado, se debe usar el agua en armonía con el bien común, como un recurso renovable y vulnerable, e integrando valores sociales, culturales, económicos, políticos y ambientales. Ninguna persona o entidad pública ni privada puede atribuirse la propiedad del agua; el Estado establece los derechos y condiciones de su uso y promueve la inversión pública y privada para su gestión eficiente. De igual manera, vela por la articulación de las políticas en materia de agua con las políticas territoriales, de conservación y de aprovechamiento eficiente de los recursos naturales a escala nacional, regional, local y de cuencas. Asimismo, promueve la construcción de una Cultura del Agua, que eleve la conciencia ciudadana en torno a la problemática del cambio climático y haga más eficaz y eficiente la gestión del Estado. Contribuyendo también a establecer sistemas de gobernabilidad del agua que permitan la participación informada, efectiva y articulada de los actores que intervienen sobre los recursos hídricos.

La provincia de Ascope se encuentra bajo la supervisión de La Autoridad Local del Agua (ALA) Chicama, donde la mayoría de distritos tienen como responsables de la administración de este recurso hídrico a sus correspondientes municipalidades, siendo este el caso del distrito de Ascope.

El distrito de Ascope en la actualidad tiene un control manual en el sistema de tratamiento y distribución de agua potable, siendo el proceso del llenado del reservorio de agua potable el cual se encuentra aproximadamente a una distancia de 870 metros de la planta de tratamiento de agua potable (**ver anexo 3**) por lo cual el operador no tiene visualización del nivel y a veces suceden reboses lo que está ocasionando malestar en la población, esto implica que no se cumpla la política del estado sobre los derechos y

condiciones en el uso de este recurso, sería importante poder determinar el tipo de control a usar y la tecnología más adecuada para este proceso.

## **1.2. Delimitación del problema**

La presente investigación se delimita al estudio de la problemática existente en el sistema de distribución de agua potable en el distrito de Ascope en la actualidad.

## **1.3. Características y Análisis Del Problema**

### **1.3.1 Características de la realidad**

Las características del problema de un control manual por tiempo en el Reservorio de la Municipalidad de Ascope son:

- El rebose causado por el caudal variante y falta de personal en el proceso de bombeo.
- Las horas adicionales empleadas por el operador y el uso innecesario de recursos.
- Aniegos en la comunidad.

### **1.3.2 Análisis de las características:**

- Para el llenado del reservorio el operador enciende la bomba (ver anexo 1) por un cierto tiempo el cual ha sido obtenido por experiencia, sin embargo, el caudal no siempre es constante durante todo ese tiempo ocasionando así un exceso en el nivel de llenado del reservorio que incluso llega a generar reboses (Ver anexo 2).
- A causa de los reboses el operador tiene que realizar trabajos extras, como limpieza del reservorio, llenado de reportes. El traslado del operador desde la planta de tratamiento hacia el reservorio conlleva el uso del transporte lo cual involucra recursos innecesarios generando pérdidas en gastos de tiempo y combustible (Ver anexo 3).

- Los reboses causan malestar en los hogares que se encuentran cercanos a dicho reservorio pues los aniegos son un foco de proliferación de larvas, mosquitos y otros insectos afectando su salud. Por otro lado, las filtraciones producidas por estos aniegos estarían deteriorando sus viviendas.

#### **1.4. Formulación del Problema**

¿Qué estrategia de control y tecnología telemétrica es la más adecuada para evitar el problema de rebose en el sistema de llenado del reservorio de la Municipalidad de Acope?

#### **1.5. Formulación de la Hipótesis**

##### **1.5.1. General**

Un sistema basado en una estrategia de control ON/OFF y tecnología GSM es la manera más adecuada para evitar el rebose del sistema de bombeo de agua en el reservorio de la municipalidad de Ascope.

##### **1.5.2. Variables**

a. Variable Independiente:

Un sistema basado en una estrategia de control ON/OFF y tecnología GSM.

b. Variable Dependiente:

Mejor alternativa para el rebose.

#### **1.6. Objetivos del estudio**

##### **1.6.1. General**

- Demostrar que un sistema de control remoto basado en una estrategia de control ON/OFF y tecnología GSM es la manera más adecuada para evitar el rebose del sistema de bombeo de agua en el reservorio de la municipalidad de Ascope.

### **1.6.2. Específicos**

- Estudiar las causas que originan el rebose en el reservorio durante el proceso de llenado.
- Validar que la estrategia de control ON/OFF es la que mejor se adapta para evitar el rebose en el llenado del reservorio.
- Validar que la tecnología inalámbrica GSM es la más adecuada para un encendido remoto del sistema de bombeo.

## **1.7. Justificación del Estudio**

El avance tecnológico en los sistemas de control y telemétricos, los mismos que pueden ayudarnos para mejorar un sistema de bombeo manual que posee el reservorio de la municipalidad de Acope para así poder evitar los problemas de rebose y aniegos existentes por el deficiente sistema manual existente.

### **1.7.1. Importancia de la investigación**

- En lo Académico:  
Estudiar una metodología para el diseño de un sistema de bombeo de agua para evitar el rebose en el reservorio de Ascope.
- En lo Tecnológico:  
Conocer las diferentes tecnologías que ayuden a evitar el problema de rebose en el llenado del reservorio de Ascope.

### **1.7.2. Viabilidad de la investigación**

La investigación tiene completa viabilidad.

## **1.8. Limitaciones del estudio**

Acceso a la Planta de Tratamiento de Agua y Reservorio de la Municipalidad de Ascope. Se permitía el acceso pero se realizaba una serie de permisos que necesitaban rúbricas de diferentes encargados.



### 1.9. **Aportes.**

- **En lo Tecnológico:**

El siguiente trabajo servirá para documentar las especificaciones de diseño para el desarrollo de un sistema de control automático remoto del proceso de llenado del Reservorio de Ascope.

- **Para el Municipio de Ascope:**

El trabajo de investigación servirá como una alternativa de mejora para el proceso de llenado de Reservorio de la Municipalidad de Ascope.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Haciendo una pesquisa bibliográfica se han encontrado como antecedentes los siguientes trabajos de investigación relacionados con la temática:

- a. **Reinoso, A. y Tocaín, R. (2009)** en su investigación titulada **“Diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente usando tecnología GSM/GPRS y Wireless CPU sobre una plataforma OPEN-SOFT (LINUX)”**, se propuso como objetivo: proponer un prototipo para controlar el semáforo usando las tecnologías inalámbricas y Wireless. Su estudio concluyó que el uso de tecnologías inalámbricas son una solución ante situaciones en los que el acceso cableado se torna complicado ya sea por parámetros geométricos, estéticos y costos, ante lo cual el uso de las tecnologías Wireless CPU, GSM como plataforma de comunicación satisface los requerimientos que se han planteado para el desarrollo del presente proyecto, ya que gracias a estas tecnológicas se puede realizar transmisión de información de manera confiable y con disponibilidad de los recursos de la red de forma permanente. Y que para transmitir datos de forma inalámbrica, el uso de GPRS es una buena elección debido a que ofrece confiabilidad y rapidez en la transmisión de datos, disponibilidad de los recursos de red, accesos a zonas en las cuales el uso de tecnologías cableadas resulta demasiado dificultoso y bajo costo de tarificación ya que se factura de acuerdo al tráfico cursado; estas características hacen de GPRS una tecnología con gran demanda y aceptación en las aplicaciones tales como: telemetría, rastreo de vehículos, rastreo de personas, manejo de inventarios, realización de encuestas. El aporte principal al trabajo de investigación es que el uso de las tecnologías inalámbricas son una solución para ante las tecnologías de cableado ya sea por parámetros geográficos, la tecnología GSM como plataforma de comunicación va a satisfacer los requerimientos que están planteado en la investigación ya que ofrece la confiabilidad y la rápida transmisión de datos.

- b. **Lara, R. (2011)**, en su investigación “**Sistema de encendido de un automóvil con el alcoholímetro y comunicación GSM**”, se propuso como objetivo: diseñar un alcoholímetro para el encendido y aviso de seguridad de un automóvil, mediante el uso de un microcontrolador y un sistema global para comunicaciones móviles (GSM). Su estudio concluyó que el manejo de los comandos AT propios del sistema de comunicación GSM, más en específico el control de envío de mensajes cortos (SMS), con el cual se logra establecer comunicación desde el microcontrolador a través del puerto de comunicación serial USART del mismo. Y se realizó el diseño del sistema de encendido de un automóvil con alcoholímetro y entablar la comunicación GSM al mismo, sin embargo, y a pesar de realizar una simulación que responde de manera satisfactoria al cumplimiento del objetivo. El aporte principal al trabajo de investigación es el análisis del control de envío de mensajes cortos (SMS) y el manejo de los comandos AT (GSM) para la comunicación.
- c. **Hernández, Juan. (2006)** en su investigación titulada “**Automatización y Control a Distancia de los Reservorios de San Diego**”, se propuso como objetivos: Automatizar los Reservorios San Diego, mediante la instalación de Controladores Lógicos Programables (PLC), sensores de nivel y posición digitales, con el fin de tener lecturas exactas y, con los enclavamientos adecuados, realizar maniobras seguras. Tener la información en tiempo real en el Centro de Control de Lima y a disposición de las jefaturas, para optimizar el uso de los reservorios de regulación, teniendo así un mejor manejo del recurso hídrico. Instalar un sistema SCADA para poder efectuar la operación remota de los Reservorios San Diego desde la sala de control de la Bocatoma de la Central Hidroeléctrica de Cañón del Pato, evitando así tener un operador en los reservorios. Su estudio concluyó que la operación remota disminuyó enormemente los viajes del operador a los reservorios, evitando principalmente el tránsito en horas de la noche por dicha carretera que es considerada de alto riesgo. Fue una mejora importante que ayudo al desarrollo profesional del operador, quienes anteriormente no tenían computadores, ni información en tiempo real. El aporte

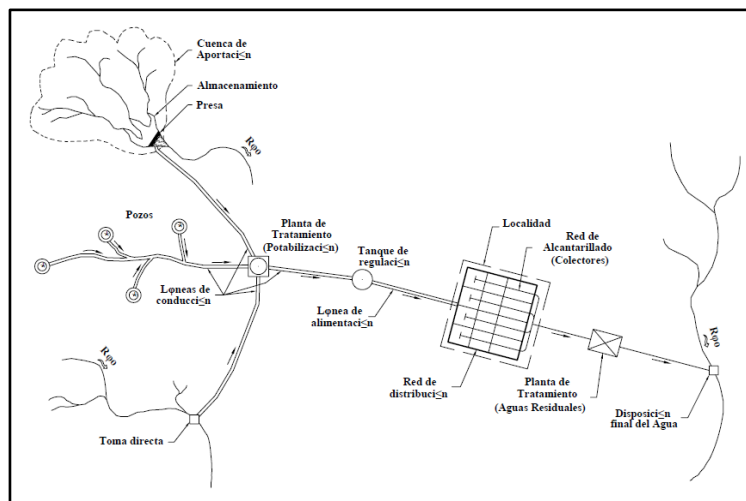
principal al trabajo fue la mejora que ayudo al desarrollo profesional del operador, quienes anteriormente no tenían computadores, ni información en tiempo real. Demostrar que el sistema a es confiable y robusto.

- d. **Tarantino, R. (2004)**, en su investigación titulada “**Confiabilidad en Procesos de Automatización**”, se propuso como objetivos: Diseñar e implementar una estrategia de confiabilidad soportada en Políticas de Mantenimiento Basadas en Criticidad, Tecnologías de Medición y Control con Alto Grado de Confiabilidad. La incorporación de tecnologías de medición y control, incluyen maximizar el uso de elementos de medición basados en tecnologías radar, ultrasonido, coriolis, vortex, pirómetros, sensores virtuales o basados en modelos, etc. En el área de control, la aplicación de tecnologías para el manejo de situaciones anormales y el manejo inteligente de alarmas. En el caso de sistemas de control e información, el uso de redes de campo y de sistemas entrelazados bajo protocolos abiertos. El aporte principal al trabajo es que La gestión de mantenimiento requiere de un proceso inteligente que garantice la confiabilidad de los sistemas de automatización industrial. Este proceso inteligente obedece a un modelo integrado de confiabilidad que fortalezca la interrelación entre: la estrategia utilizada, el soporte tecnológico y la alta eficiencia del personal.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.1.1. Red de abastecimiento de agua potable

Las redes de abastecimiento de agua han evolucionado a medida en que las sociedades se han desarrollado cada vez más y por consiguiente las ciudades han crecido y ampliado su territorio. Cuando no existen lagos y ríos cerca de las zonas urbanas, la medida más viable y lógica es el de aprovechar recursos de agua subterránea que se extrae mediante la construcción de pozos.



**Figura N°1: Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en localidades urbanas**  
**(Fuente: Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento)**

### 2.1.2. Red de Distribución

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios todo el tiempo para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir

### 2.1.3. Componentes de una Red de Distribución

Una red de distribución de agua potable se compone generalmente de:

- a) Tuberías: Se le llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble. Para fines de análisis se denomina tubería al conducto comprendido entre dos secciones transversales del mismo.
- b) Piezas especiales: Son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de

tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros.

- c) Válvulas: Son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías. Pueden ser clasificadas de acuerdo a su función en dos categorías: 1) Aislamiento o seccionamiento, las cuales son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tuberías, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos; y 2) Control, usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema.
- d) Hidrantes: Se le llama de esta manera a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinados a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio).
- e) Tanques de distribución: Un tanque de distribución es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones.
- f) Rebombes: Consisten en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución. Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en las tuberías.

#### **2.1.4. Telemetría**

Es un sistema de medida de magnitudes físicas (Voltaje, corriente, presión, torque, etc.). La palabra se deriva de la raíz griega tele que significa remoto y metron que significa medir, un

sistema de Telemetría está compuesto básicamente de los siguientes componentes. (Ordóñez, 2009, párr.2)

La telemetría consiste en la medición de cualquier variable tanto física como eléctrica, medida a través de un sensor o cualquier otro dato que tenga la característica de ser accesible en forma analógica o digital, sin necesidad de estar físicamente en el lugar en donde se realiza.

A. Transductor.- Un transductor es un equipo encargado de convertir un fenómeno físico cambiante a una señal eléctrica proporcional. Casi todos los fenómenos físicos a medir disponen de equipos (transductores) que pueden convertir éstas en señales eléctricas.

B. Unidad Terminal.- Es un dispositivo que modifica los datos medidos por el transductor de manera que puedan ser transmitidos como señal codificada utilizando algún tipo de canal de transmisión.

C. Medios de transmisión.- Con relación a los canales o medios de transmisión los más comúnmente utilizados para la medición remota son:

- Par Trenzado.- Se trata de dos hilos de cobre entrelazados (por ejemplo, cable telefónico).
- Cable Coaxial.- Se trata de dos conductores, donde uno es el eje central y el otro cubre al aislante del primero en forma de cubierta cilíndrica.
- Radio.- Se refiere a la transmisión de información mediante ondas electromagnéticas. Son los sistemas de radio comunes dedicados a un servicio específico.



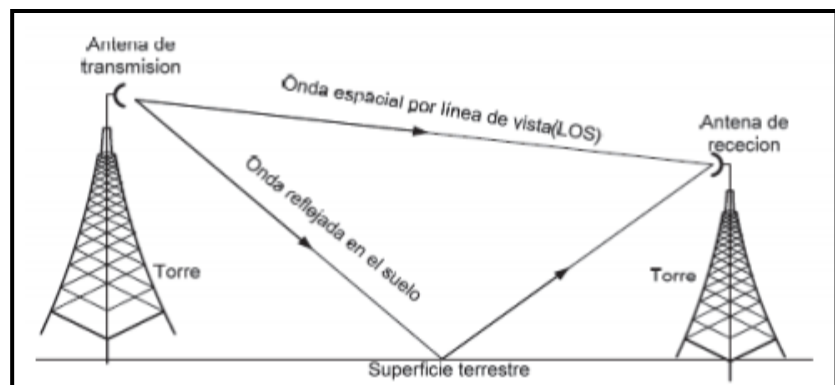
- Microondas.- Es un sistema de radio donde el sistema no es dedicado, sino que sirve a múltiples usuarios con el mismo sistema.
- Fibra Óptica.- Se basa en un medio cristalino que permite la propagación de la luz, la cual no se dispersa, sino que se mantiene dentro de la fibra por las características ópticas especiales de la misma.

D. Receptor.- El equipo receptor es un dispositivo capaz de decodificar la señal recibida de la unidad remota y de mostrarla en algún formato adecuado para su análisis y almacenamiento.

## 2.1.5. Redes de Datos Inalámbricas

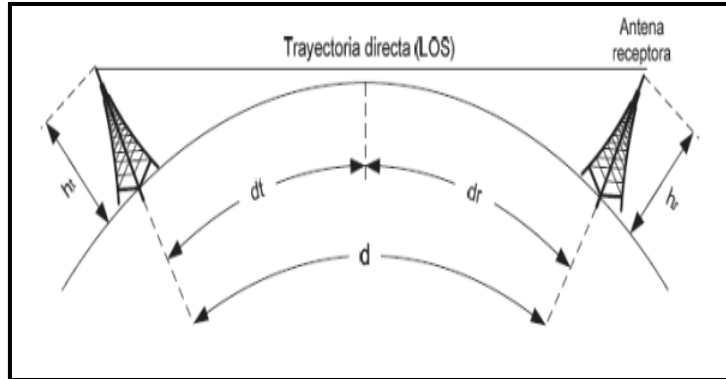
### 2.1.5.1. Comunicación por Redes Microondas

La propagación en forma de ondas espaciales hace referencia a las ondas electromagnéticas que se irradian en los kilómetros comprendidos entre la superficie de la tierra y en los límites inferiores de la atmosfera terrestre, en las ondas espaciales se incluyen ondas directas y las reflejadas en el suelo como se muestra en la siguiente figura.



**Figura N°2: Propagación de ondas**  
(Fuente: Tesis n°6)

Las ondas directivas viajan en línea recta entre las antenas de transmisión y recepción, la transmisión de este tipo de ondas se denomina transmisión por línea de vista (L.O.S Line Of Sight) como se muestra en la figura n°3.



**Figura N°3: Línea de vista lejana**

**Fuente: Tesis 6**

### **Fenómeno de Propagación**

La propagación está expuesta a varios fenómenos que le afectan como son:

- Atenuación
- Absorción
- Refracción
- Reflexión
- Difracción
- Interferencia

### **ANTENAS**

Una antena es un dispositivo o elemento que tiene la función de un transductor, el cual toma un tipo de energía a la entrada y la transforma en otra forma de energía diferente a la salida, este elemento genera y recoge ondas electromagnéticas.

Cuando genera ondas electromagnéticas las transforma en señales electrónica.

## **FUNCIONES DE LAS ANTENAS**

La antena emisora envía una onda electromagnética que será recibida por un conductor electrónico, el cual es la antena receptora, la misma que funcionara como transductor, pues la inducción de la onda electromagnética en la antena hace que la antena transforme esta onda en una señal eléctrica, para que luego puede ser interpretada por los usuario como pueden ser datos, audio o video.

Existen antenas de distintos tipos como son:

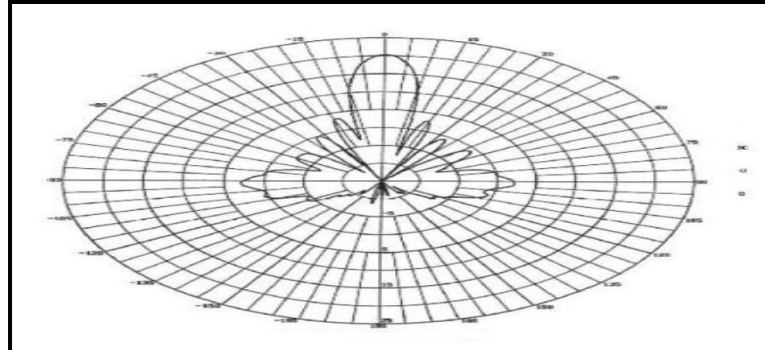
- Antenas Dipolo
- Antenas Dipolo Multi-Elemento
- Antenas Yagi
- Antenas Panel Plano
- Antenas Parabólicas(Plato Parabólico)

### **Antena Parabólica**

Las antenas parabólicas usan un iluminador llamado LNB (Low Noise Block) y un reflector parabólico que permite capturar la energía radiada por la antena y enfocarla en un haz estrecho, normalmente los diámetros están comprendidos entre 60 y 80 cm permitiendo enfocar las ondas de radio recibidas por la antena a un punto focal, la propiedad con la que cuenta una antena parabólica es que se puede concentrar la mayor parte de la energía en una dirección dada, mientras más grande se la concentración de energía en una dirección, más grande será su ganancia.

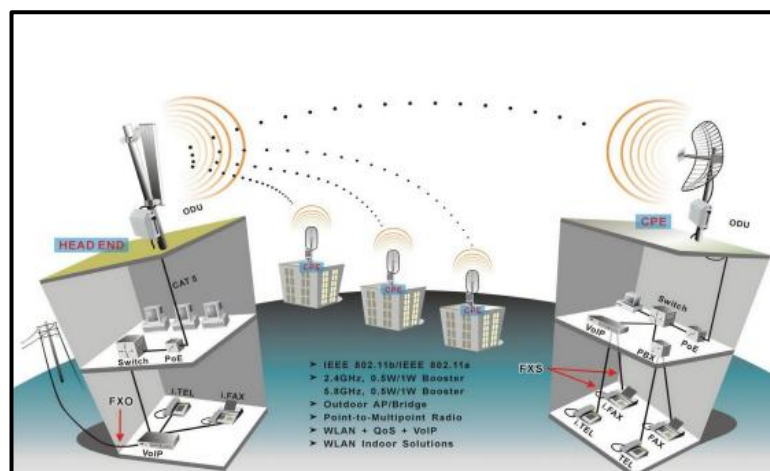
Para los diámetros indicados anteriormente la ganancia rodea los 20 a 26 dB y son altamente direccionales, por lo tanto es recomendable usarlas en enlaces punto a punto. Como puede verse en la figura siguiente, la antena parabólica es muy direccional. Al concentrar toda la

potencia que llega a la antena y enfocarla en una sola dirección, este tipo de antena es capaz de proveer muy alta ganancia.



**Figura N°4: Patrón de elevación de la antena Parabólica.**  
Fuente: Tesis n°6

El diseño de radioenlaces es una disciplina que involucra toda una serie de cuestiones tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el cálculo del balance de potencias y la estimación de los niveles de señal/ruido (S/N), “La relación señal - ruido (S / N) es el parámetro más utilizado para la medición de la calidad de la señal en el campo de la transmisión” (Freeman, 1998, p.63)



**Figura N°5: Sistema de Radioenlace**  
Fuente: [http://www.redtauros.com/Clases/Medios Transmision](http://www.redtauros.com/Clases/Medios%20Transmision)

Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía.

### **PLANIFICACIÓN INICIAL DEL RADIO ENLACE**

Para la elección de los equipos de radio y de sus parámetros de funcionamiento, los factores más importantes que determinan el correcto funcionamiento de un sistema fijo de acceso inalámbrico son la buena ubicación de las antenas, la correcta planificación del enlace radioeléctrico y la elección de un canal libre de interferencias.

Un transmisor para generar y modular una onda portadora con una banda base de información, una antena que irradia la señal modulada en la dirección deseada, una antena de recepción que interceptará la señal radiada después de su transmisión a través del espacio y un receptor para seleccionar la onda portadora deseada y un amplificador de señal. (Freeman, 1998, p. 39)

Sólo con una buena planificación del enlace entre antenas puede conseguirse evitar las interferencias y los desvanecimientos de la señal, alcanzando una alta disponibilidad en el sistema. La planificación del enlace radioeléctrico de un sistema de radiocomunicaciones comienza con el cálculo del alcance (Radioptica, 2016), para ello se deben conocer la banda de frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los equipos de radio como la potencia del transmisor, ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor,

tasa de error, disponibilidad, etc. Este cálculo del alcance del sistema constituye una primera estimación teórica que deberá verificarse tras la instalación de los equipos. La utilización de aplicaciones informáticas de simulación con cartografías digitales del terreno y de los edificios constituye una potente herramienta de ayuda en la planificación. Valiéndose de las mismas es posible determinar las mejores localizaciones para instalar las antenas y estimar su alcance o cobertura, así como los posibles niveles de interferencia que provienen de otros emplazamientos vecinos, especialmente en el caso de sistemas celulares o de acceso radio punto a multipunto (Radioptica, 2016). Posteriormente, las visitas a los posibles emplazamientos permiten determinar su aptitud para albergar los equipos de radiocomunicaciones.



**Figura N°6: Mapas y Fotografías para la elaboración de un radio enlace.**

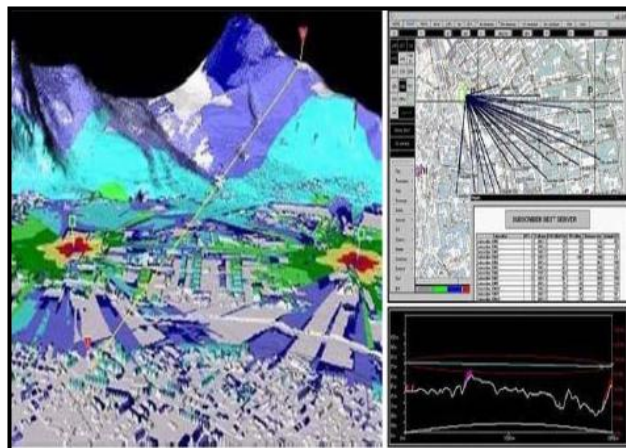
**Fuente: Universidad Politécnica Valencia**

Para comprobar la existencia de visión directa entre las antenas, deben visitarse los emplazamientos donde se tiene previsto instalarlas y realizar una serie de comprobaciones y tareas que se detallan a continuación:

- Determinación de las coordenadas exactas de los extremos del radioenlace (latitud, longitud y altura sobre el terreno) ayudándose de un receptor GPS.

- Determinación de la orientación del enlace sobre un mapa de la zona. Esto ayudará a la localización de posibles obstáculos y elementos significativos sobre el mapa.
- En el caso de enlaces de corto y medio alcance se puede comprobar la existencia de visión directa con ayuda de unos prismáticos. La localización visual del otro extremo del enlace puede realizarse con ayuda de una brújula o valiéndose de alguna marca o elemento significativo del mapa.
- En circunstancias de no haber visión directa debido a algún tipo de obstáculo, resulta necesario determinar la altura del mástil para evitar la obstrucción. El procedimiento que suele emplearse es similar al anterior, solo que ahora puede utilizarse por ejemplo un globo de helio de color llamativo y sujeto por una cuerda. Una persona situada en el extremo opuesto va elevando el globo hasta que resulte visible a través de los prismáticos. Una vez asegurada la visión directa, conviene comprobar que la primera zona de Fresnel se encuentra libre de obstáculos, y tener en cuenta la época del año, construcción de nuevos edificios, árboles que crecen, tráfico aéreo, etc. Adicionalmente, se debe asegurar que no existe ningún obstáculo cerca de la posición de ambas antenas. En especial, superficies metálicas u otras antenas transmisoras dirigidas hacia la nuestra. Resulta interesante documentar todas las comprobaciones por medio de fotografías que puedan ayudar posteriormente.

- Ramos (2015) afirma que la gran variedad de edificios, tipos de terreno y vegetación a considerar en una determinada zona susceptible de instalar un sistema de radiocomunicaciones, hace que sea extremadamente difícil proporcionar reglas de diseño generales para estimar la cobertura. La utilización de herramientas informáticas de trazado de rayos y de modelado de obstáculos a partir de información preliminar sobre la zona reduce la complejidad de diseño del sistema. Sin embargo, la realización de mediciones experimentales es indispensable para validar los modelos y proporcionar confianza a los resultados de las predicciones.



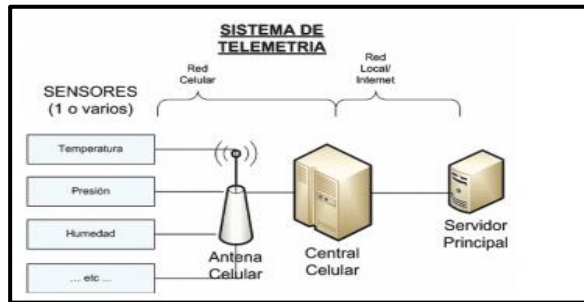
**Figura N°7: Herramientas de Simulación para la planificación de un Radio Enlace.**

**Fuente: ATDI ICS Telecom nG.**

#### **2.1.5.2. Comunicación por Redes Celulares GSM/GPRS**

La tecnología Celular GSM/GPRS, puede conectarse en forma automática con la red de Internet, convirtiéndolo de esta forma en un equipo instalable en cualquier parte del mundo, en donde exista señal de celular y podemos controlar los equipos o variables remotas como si estuviesen frente de ellos.





**Figura N°8: Sistema de Telemetría**  
(Fuente: Tesis n° 3)

Luego en el año 1997 salió una nueva versión del estándar que permite el envío de paquetes de datos llamado GPRS (General Packet Radio Service). Luego en el año 1999 salió la versión EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) que logra alta velocidad transmisión de datos. La ventaja de todo esto es que las nuevas tecnologías utilizan las mismas infraestructuras de la red GSM actual, por lo que no es necesaria una mayor inversión. Además se ha visto el avance de nuevos estándares, para lograr alcanzar mayores tasas de transmisión como son las tecnologías 3.5G (HSPA y UMTS) y lo más nuevo la 4G (HSOPA, LTE). Esto indica que la red GSM tendrá uso asegurado por unos cuantos años, en una época en que no se sabe si una nueva tecnología pasará una semana sin que aparezca otra mejor. Debido a la estructura del sistema de telemetría, basado en etapas, será posible actualizar el prototipo, de manera totalmente transparente, a otras tecnologías que aparezcan.

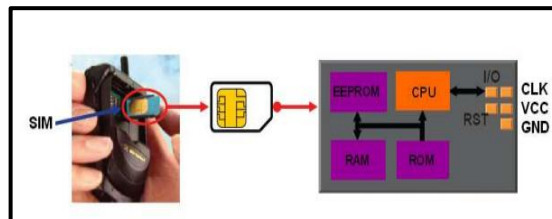
### **Arquitectura de la red GSM**

Un sistema GSM se compone de entidades funcionales e interfaces estandarizadas las cuales permiten adaptar cualquier sistema de red celular con cualquier estación móvil. El sistema GSM consta de cuatro partes: La Estación Móvil (MS), el Subsistema de la Estación Base

(BSS), el subsistema de la Red (NSS) y Centro de Red (NMC).

### **Estación Móvil (MS, Mobile Station)**

Es el terminal de usuario que se comunica con la red móvil a través de la interfaz aire (UM). Una estación móvil está constituida por una tarjeta o módulo de identificación de abonado (SIM, Subscriber Identity Module), que permite identificar de manera única al usuario y al terminal móvil. La tarjeta SIM es protegida por un número de 4 dígitos denominados PIN (Personal Identification Number), el cual permite al usuario autenticarse al sistema.

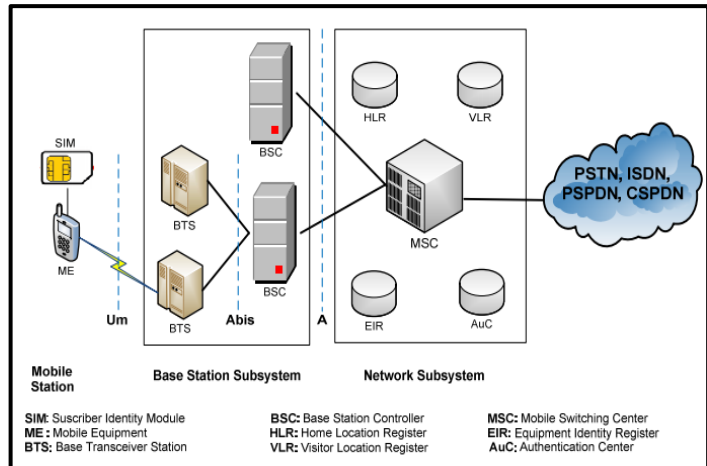


**Figura N°9: Diseño de la Tarjeta SIM**  
**Fuente: Telemetría usando redes de Datos**

La tarjeta SIM permite identificar a cada usuario independientemente del terminal utilizado durante la comunicación con la estación base.

### **Centro de Gestión de Red (NMC, Network Management Center)**

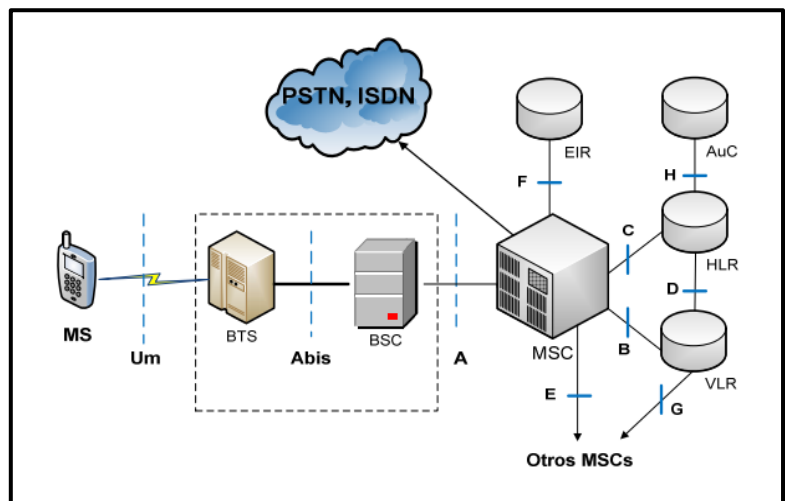
Es el centro de operación de red, lugar desde el cual un operador tiene la capacidad de administrar los recursos de toda la red, verificar tráfico cursado por las centrales, solucionar problemas de clientes, acceder a datos del sistema y abonados, hacer cambios pertinentes, realizar pruebas entre componentes del sistema GSM como NSS y BSS, y tomar decisiones ante problemas que afecten al sistema celular.



**Figura N°10:**  
**Arquitectura de la red GSM**  
 (Fuente: Tesis n° 2)

### Interfaces de la Red GSM

Las interfaces de la arquitectura de la red GSM, permiten la interoperabilidad con otras redes de telecomunicaciones, incluso el roaming internacional, y además permiten la utilización de diversos proveedores en su implementación.



**Figura N°11: Interfaces del sistema GSM**  
 (Fuente: Tesis n° 2)

### **Frecuencias de Operación de la red GSM**

Los teléfonos móviles y las estaciones base deben transmitir suficiente potencia para mantener una calidad de llamada aceptable en base a un nivel mínimo de relación señal ruido con el receptor. Pero, por otra parte, no se debe transmitir excesiva potencia porque puede interferir a los canales de frecuencia o ranuras de tiempo vecinas ya que GSM opera con un esquema de transmisión conjunto FDMA/TDMA.

<b>Banda de frecuencia GSM</b>	<b>Bandas disponibles</b>	<b>Disponibilidad</b>
400 MHz	450.4-457.6 MHz / 460.4 – 467.6 MHz	Europa
800 MHz	824-849 MHz / 869 – 894 MHz	América
900 MHz	880 – 915 MHz / 925 – 960 MHz	Europa, Asia, Pacífico, África
1800 MHz	1710 – 1785 MHz / 1805 -1880 MHz	Europa, Asia, Pacífico, África
1900 MHz	1850 – 1910 MHz / 1930 – 1990 MHz	América

**Tabla 1, Frecuencias de Operación GSM**  
**Fuente: Tesis n° 2**

## **GPRS**

General Packet Radio Service (GPRS) es una evolución de la red GSM. Permite una mayor tasa de transmisión a un mayor ancho de banda. La característica principal es que utiliza la misma tecnología disponible para la red GSM, por lo que implementarla no requiere una mayor inversión. Permite velocidades de transferencia teóricas de 56 a 144 Kbps. En la práctica son unos 40 Kbps.

Entre los servicios que puede ofrecer se encuentran:

- MMS (Multimedia Message Service).
- WAP (Wireless Application Protocol).
- PPP (Servicio Punto a Punto).
- SMS (Short Message Service).
- Servicios de Internet (email, http, www, etc).

Dependiendo de la conexión, ésta puede llamarse de Clase A (se conecta usando GSM y GPRS al mismo tiempo), Clase B (puede conectarse usando GSM o GPRS, pero sólo uno a la vez, realizándolo de manera automática) o Clase C (se conecta a uno u otro, pero el cambio debe ser hecho manualmente).

## **Comandos AT**

Los comandos AT son el estándar más utilizado para la comunicación entre un módem y un módulo cualquiera. Debido a su gran simplicidad, es que se ha convertido prácticamente en el único estándar. Aun cuando los comandos se encuentran casi todos establecidos, se ha hecho popular que cada fabricante realice sus propios comando AT con la misma sintaxis, pero que realizan funciones más complejas o tareas autónomas. La sintaxis de los comandos AT viene dada por las iniciales AT, más un signo +, y luego algunos caracteres que indican la

función a realizar. Dependiendo de esto, los comandos se dividen en comando de acción, que modifican o ajustan una configuración o variable, y los comandos de tipos de parámetros que preguntan al módem por la cantidad de valores permitidos por cada variable o cual es el valor actual de ella.

Entre los comandos más utilizados se encuentran la Tabla 2

Comando	Descripción.
ATA	1) Se pone en modo respuesta y espera una señal portadora del módem remoto. 2) Espera S7 <sup>1</sup> segundos y colgará si no se detecta portadora.
ATD<número>	1) Descuelga y llama al número de teléfono solicitado. 2) Espera un tono de llamada antes de marcar. 2.1) Si no se detecta ese tono en S6 segundos, el módem devuelve código de resultado "no dial tone" 2.2) Si se detecta el tono el módem espera S7 segundos 2.2.1) Si no establece conexión el módem vuelve al estado de comandos 2.2.2) Si se establece conexión el módem entra en el estado on-line.
ATE	Eco Nota: Los comandos introducidos en el módem vuelven por eco al PC (por defecto).
ATH	Descuelga el teléfono Nota: Normalmente se utilizan: 1) un segundo silencio 2) +++ 3) ATH
ATI	Revisa la ROM del módem (checksum)
ATL	Programa el volumen del altavoz
ATM	Programa conexión/desconexión del altavoz
ATO	Vuelve a estado on-line desde el estado de comandos. Nota: permite retomar una conexión ya en marcha
ATQ	Programa los códigos de resultado a ON/OFF
ATS	Visualiza/cambia contenidos de los registros S.
ATV	Envía códigos de resultado en palabras o números
ATW	Envía "códigos del progreso de la negociación"
ATX	Programa códigos de resultado.
ATZ	Inicializa
AT&C	Programa detección de portadora
AT&D	Programa control de DTR
AT&K	Programa control de flujo
AT&W	Almacena perfil configuración del usuario
AT&Y	Especifica que perfil de configuración usuario de los almacenados se va a utilizar

**Tabla 2, Comando AT más utilizados**  
**Fuente: Tesis N° 5**

### **Módem Enfora**

Este dispositivo sólo necesita la tarjeta SIM para conectarse a la red GSM y puede realizar una llamada de datos, de Voz, transmisión de datos sobre GPRS y conectarse a internet. Como elementos externos necesita una antena y dispone de un conector para entradas o salidas (puerto I/O). Se comunica con un dispositivo externo a través del puerto serial. Al comienzo se configura el módem utilizando el Hyperterminal disponible en Windows.



**Figura N°12: Vista Frontal módem GSM1208**  
(Fuente: Tesis n° 5)



**Figura N°13: Vista trasera módem GSM1208**  
(Fuente: Tesis n° 5)

### **2.1.6. ESTRATEGIAS DE CONTROL**

Las estrategias de control determinan la estructura o circuito que sigue la información o señales en el lazo. Dependiendo de la aplicación (entorno de trabajo, máquina) a gobernar se debe definir el actuar de las variables de proceso (nivel, humedad, presión, flujo, temperatura, etc.). En función de esta información se incorporarán determinados instrumentos y/o equipos con los cuales se debe lograr la estabilidad en la aplicación o sistema.

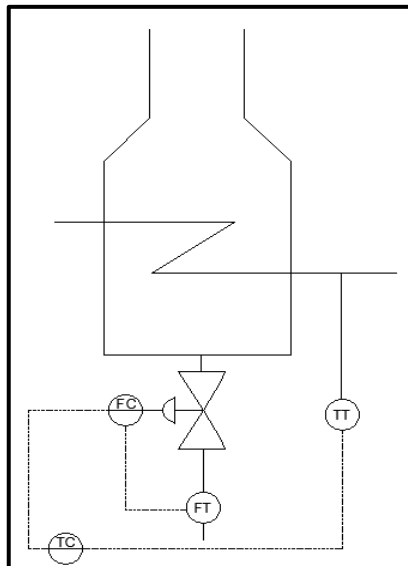
### 2.1.6.1 CONTROL EN CASCADA

Es una técnica que usa dos sistemas de medición y dos de control para manipular un solo elemento final. Su propósito es incrementar la estabilidad en procesos particularmente complejos.

La relación que existe entre controladores es referida a una denominada de maestro-esclavo o de primario-secundario.

El control cascado realiza dos funciones importantes: reduce el efecto de los cambios de carga cerca de su fuente y mejora el control reduciendo el efecto de retardos de tiempo. La segunda mención es más obvia; típicamente ocurre en aplicaciones de temperatura y analíticas en donde estos retardos de tiempo son generalmente largos.

Un requerimiento para el control en cascada es que la frecuencia de oscilación del lazo interno (secundario) debe ser al menos tres veces la correspondiente al lazo externo (primario).

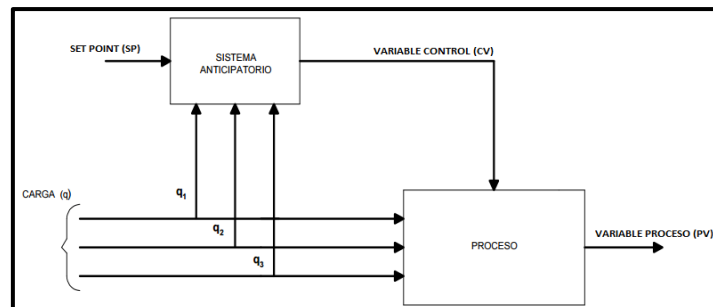


**Figura N°14: Diagrama P&ID de Estrategia de Control Cascada**  
**Fuente: Control de Procesos – Tecsap (2016).**



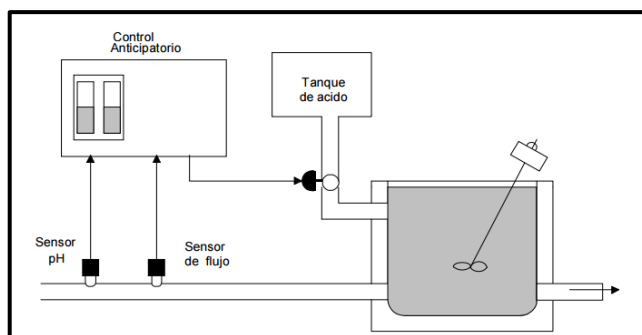
### 2.1.6.2 CONTROL ANTICIPATORIO (FEEDFORWARD).

También conocido como control pre-alimentado. En los sistemas anticipatorios los principales componentes de las cargas son medidas y usadas para calcular el valor de la variable de control necesaria para mantener un control próximo al punto deseado y evitando que ocurra una desviación no tolerable de la variable de proceso. En la figura 15, se muestra el camino de la información a partir de la carga hasta la variable de proceso.



**Figura N°15: Diagrama de Bloques de Estrategia de Control Anticipativo**  
**Fuente: Control de Procesos – Tecsup (2016).**

Por ejemplo, la figura 16 muestra un control de pH usando un sistema anticipatorio. El control de pH en este sistema requiere de dos sensores en la entrada de material: un instrumento para monitorear el valor de pH y un sensor de flujo. El pH y la velocidad de su flujo son las variables medidas en el sistema anticipatorio. El controlador anticipatorio es una computadora realizando un cálculo complejo, basado en el valor representativo a las variables de perturbación. La ecuación anticipatoria determina la cantidad de ácido requerido para obtener el pH del valor deseado, basado en los valores medidos de pH y flujo. La salida del controlador anticipatorio coloca a la válvula en una posición adecuada para administrar la cantidad de ácido y flujo requerido para mantener el pH en un rango aceptable.



**Figura N°16: Diagrama P&ID de Estrategia de Control Anticipativo**

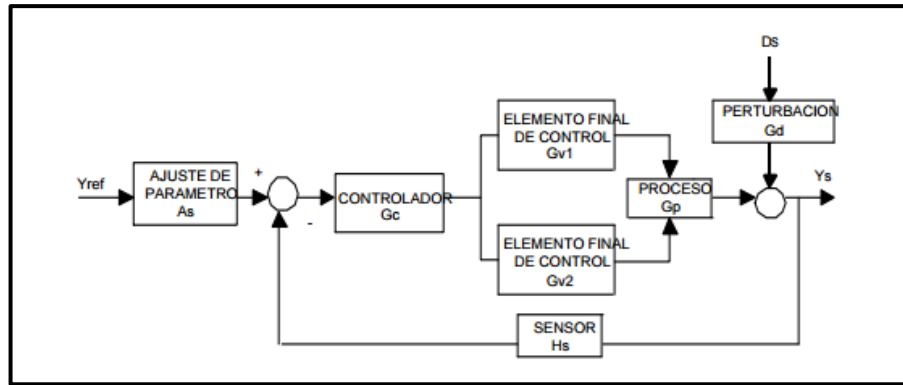
**Fuente: Control de Procesos – Tecsup (2016).**

Su principal ventaja es detectar las variables perturbadoras y tomar acción correctiva antes de desviar la variable controlada con respecto a su punto de referencia. Esta característica lo hace recomendable para procesos de tiempo muerto y de respuesta dinámica muy lenta.

Como desventajas requiere medir todas las variables perturbadoras. Además de tener buen conocimiento del modelo del proceso. No corrige perturbaciones no medidas. Es insensible a Variaciones en los parámetros de los elementos en el lazo de control.

### **2.1.6.3 CONTROL DE RANGO PARTIDO (SPLIT RANGE)**

Es un sistema de control en el cual existe una sola variable de proceso y dos o más variables de control, que deben tener el mismo efecto sobre la variable de proceso. Para realizar éste sistema se requiere compartir la señal de salida del controlador con los varios elementos finales de control. El diagrama de bloques que representa esta estrategia se muestra en la figura 17.



**Figura N° 17: Diagrama de Bloques de Estrategia de Rango Partido**

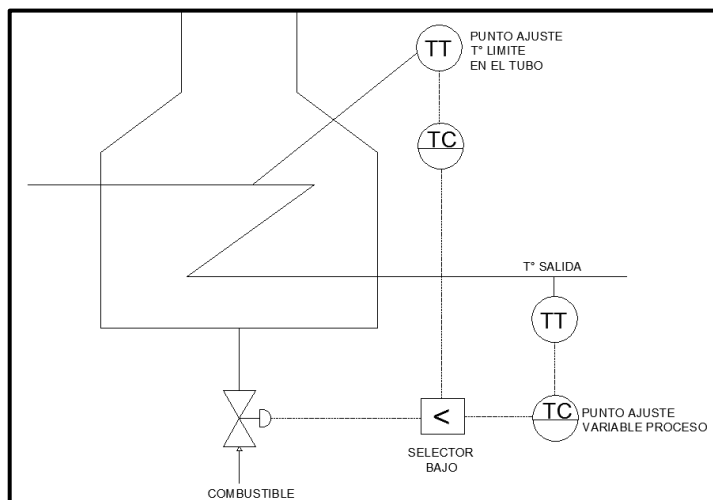
**Fuente: Control de Procesos – Tecsup (2016).**

#### **2.1.6.4 CONTROL SELECTIVO (OVERRIDE CONTROL)**

Un dispositivo selector puede ser tanto un dispositivo de hardware como un bloque de función (software). Este pasa la más alta o la más baja de varias señales hacia su salida. Un procedimiento de configuración determina si deja pasar la señal alta o baja.

La aplicación más usual para este tipo de situación es aquella en la que la variable de proceso es la variable a controlar durante la operación normal. En el caso de una operación anormal, sin embargo, algunas otras variables de proceso podrían convertirse en la variable a controlar para prevenir que esta exceda un límite del proceso o de un equipo. Se dice que el controlador limitante está sobrepasando o dominando al controlador normal del proceso.

En la práctica se dan varias oportunidades para usar el control selector las características de la aplicación son que, en operación normal, un controlador está controlando el proceso, pero en operación anormal, otro controlador toma el control por encima del anterior. A menudo el objetivo es proteger al equipo de proceso, aun sacrificando el control de proceso.



**Figura N° 18: Diagrama P&ID de Estrategia de Control Selectivo**

**Fuente: Control de Procesos – Tecsup (2016).**

#### **2.1.6.5 CONTROL ON/OFF O DISCRETO.**

La estrategia ON/OFF o de control discreto usado en procesos continuos y mayormente en procesos discontinuos: sistemas Batch o Lote, Manufactura e incluso Sistemas de Emergencia. Donde el valor deseado de la variable de proceso activa/desactiva una variable de control (válvula, motor, bomba centrífuga, etc.) las acciones de control obedecen aquí a una secuencia o programa pre-establecidos y se dan en una forma de paso a paso en donde cada paso empieza solamente si el previo ha finalizado. Más dicha variable de proceso no necesita mantenerse constante en el tiempo.

# **CAPÍTULO III**

## **MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS**

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Material**

##### **3.1.1 Población**

Sistema de bombeo manual en el reservorio de agua potable que es administrada por la Municipalidad del Distrito de Acope.

##### **3.1.2. Muestra**

Sistema de bombeo manual en el reservorio de agua potable que es administrada por la Municipalidad del Distrito de Acope.

##### **3.1.3. Unidad de Análisis**

Estudio sobre el mejor sistema de control y telemétrico para disminuir el problema de rebose para el reservorio de la municipalidad de Ascope.

#### **3.2. Método**

##### **3.2.1. Nivel de Investigación**

Identificación del problema de rebose con el control manual existente.

##### **3.2.2. Diseño de Investigación**

Se realizará un análisis de los sistemas de control y telemétricos más eficientes para el problema de rebose en el reservorio de Ascope así mismo se comparará cada uno de ellos. Para luego poder escoger el más adecuado.

### **Etapas de la Investigación:**

- Se analizará los diferentes tipos de sistemas de control existentes para el problema de rebose.
- Se analizará los diferentes tipos de sistemas telemétricos.
- Se comparará la eficiencia y costo de los sistemas de control y telemétricos y se escogerá el más adecuado para evitar el problema de rebose del reservorio.
- Se validará que el sistema de control y telemétrico escogido es el mejor para el reservorio de la municipalidad de Ascope.

### 3.2.3. Variables de estudio y operacionalización

**Tabla 3, Operacionalización de la variable dependiente**

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Instrumento de Investigación</b>
<b>Dependiente:</b> Mejor alternativa para el rebose.				

*Fuente: Elaboración Propia*



**Tabla 4, Operacionalización de la variable independiente**

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Instrumento de Investigación</b>
<b>Independiente:</b> Un sistema basado en una estrategia de control ON/OFF y tecnología GSM.				

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

#### 3.2.4.1. Encuesta al operador

La siguiente encuesta se realizó al operador a cargo para tener una mejor información de cómo funciona el sistema manual de encendido de las bombas de agua hacia el reservorio.

ENCUESTA AL DEPARTAMENTO DE SUMINISTRO DE AGUA
<b>1. DATOS GENERALES (Información de la Organización que responde el formulario)</b>
<b>1.1 Nombre completo de la Empresa u Organización:</b>
MUNICIPALIDAD DE ASCOPE
<b>1.2 Ubicación (Localidad – Departamento):</b>
ASCOPE – LA LIBERTAD
<b>1.3 Nombre de la persona encuestada:</b>
HOMERO JULCAN PICHEN
<b>2. ¿EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA QUE UTILIZAN PARA EL LLNADO DEL RESERVORIO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE ASCOPE FUNCIONA EFICIENTEMENTE?</b>
(    ) SI ( X ) NO
<b>3. ¿QUE TIPOS DE PROBLEMAS PRESENTA EL ACTUAL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA?</b>
Ocurren reboses en el llenado de reservorio. El caudal no es constante lo que conlleva a no llenar siempre a un nivel deseado. El reservorio está lejos de la planta de tratamiento.
<b>4. SE GENERA ALGUN TIPO DE REPORTE, SI LA RESPUESTA ES SI - ¿A QUE AREA VA DIRIGIDA?</b>
( X ) SI (    ) NO
AREA: Supervisor de la Municipalidad de Ascope.
<b>5. ¿LA ENTREGA DE LOS REPORTES ES DIARIA, POR TURNO O CADA QUE FRECUENCIA LOS SOLICITA EL AREA INTERESADA?</b>
- Reportes diarios de tiempo de Bombeo y Distribución. - Reportes de Incidencia de rebose solo cuando esta ocurre
<b>6. ¿CUANTO TIEMPO DEMANDA EL LLENADO DEL RESERVORIO DE AGUA?</b>
5 horas aproximadamente
<b>7. ¿EL SERVICIO DE DISTRIBUCION DE AGUA ES CONTINUO EN LA LOCALIDAD?</b>
Si, 2 veces por día.
<b>8. ¿SI SE INSTALARA UN SISTEMA AUTOMATIZADO, COMO QUISIERA QUE FUNCIONE?</b>
Evitando contratiempo en el proceso de llenado del reservorio, evitando los reboses

### 3.2.4.2. Obtención de coordenadas geográficas de la Planta de tratamiento y el Reservorio de Ascope mediante Google Earth.

Se localizó cada uno de los puntos en sus respectivas coordenadas geográficas para fines necesarios. Siendo el Reservorio de Agua Potable el que se encuentra a un desnivel de 34 metros por encima de la Planta Tratamiento de Agua en Ascope.

Lugar	Latitud	Longitud	Distancia a Est. Monito.
Planta Tratamiento de Agua	-7.718076	-79.101448	870 m.
Reservorio de Agua Potable	-7.710822	-79.104358	

**Tabla 5, Coordenadas de la Planta de agua y el Reservorio**  
**Fuente: Propia**



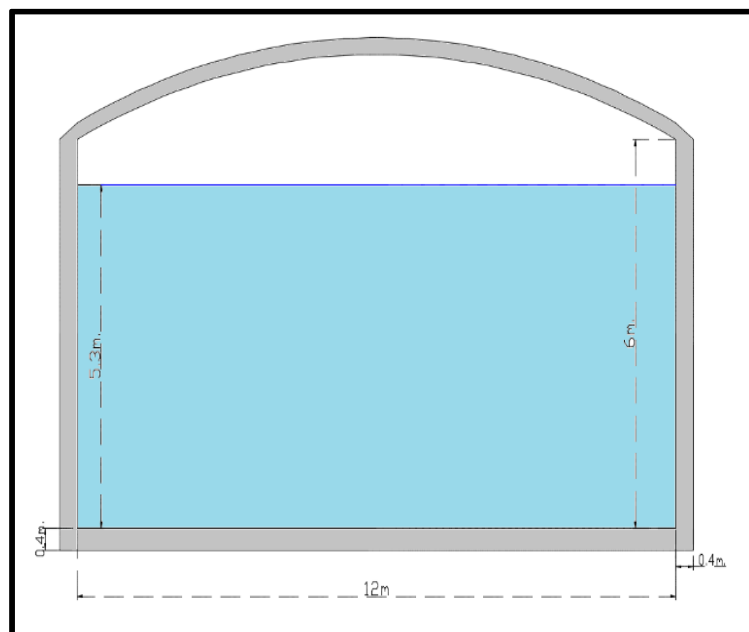
**Figura N° 19: Perfil topográfico directo**  
**Fuente: Propia**

### 3.2.4.3. Mediciones de las dimensiones de Reservorio de Agua Potable y Tuberías.

SISTEMA ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE			
Estructuras	Diámetro	Altura (m.)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Reservorio de Agua Potable	12m.	6	678.58
Tubería Ingreso de Agua al Reservorio	8"	-	-
Tubería Salida de Agua del Reservorio	8"	-	-

**Tabla 6, Tabla de Dimensiones**  
**Fuente: Propia**

La tabla N° 6, muestra las principales dimensiones del sistema de almacenamiento de Agua potable. El Reservorio tiene una capacidad máxima de 678.58m<sup>3</sup> de los cuales solo se bombea agua hasta los 600m<sup>3</sup> que es una altura de 5.3m.



**Figura N° 20: Dimensiones del Reservorio de Ascope**  
**Fuente: Propia**

### 3.2.4.4. Planos P&ID de sistema de bombeo

Se levantó plano P&ID del Sistema De Bombeo desde la Planta de Tratamiento hacia El Reservorio.

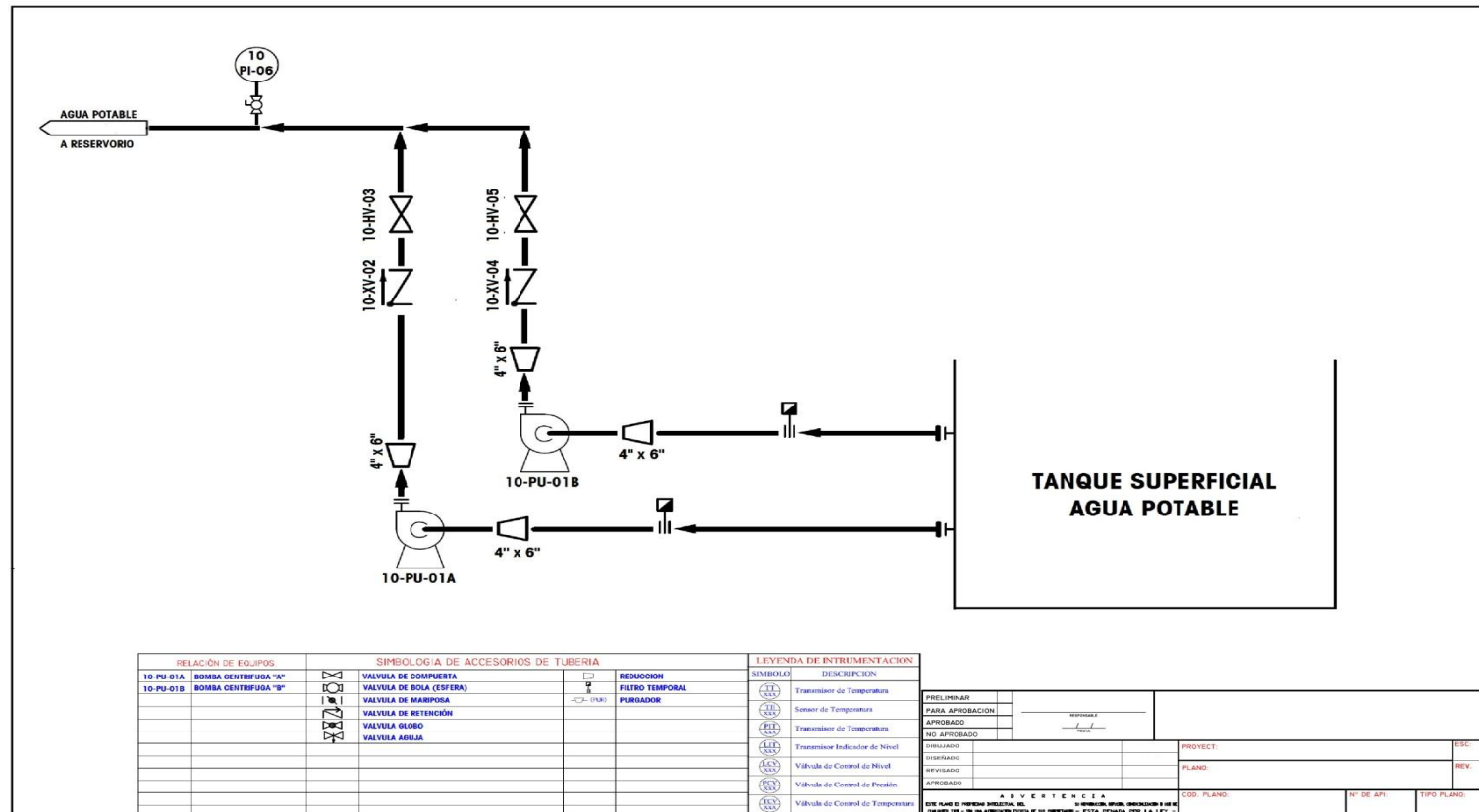


Figura N° 21: Plano P&ID de la Planta de Tratamiento  
Fuente: Propia

### 3.2.4.5. Verificación de Cobertura de ISP en Ascope para el empleo de telemetría mediante un sistema GSM

Se hicieron pruebas de cobertura con dos ISP (Claro y Movistar), Obteniendo en ambos cobertura en las zona de la planta y reservorio, lo cual se puede observar en la tabla N° 7.

ISP	COBERTURA PLANTA	COBERTURA RESERVORIO
CLARO	OK	OK
MOVISTAR	OK	OK

**Tabla 7, Cobertura de ISP en Ascope**

**Fuente: Propia**

Obtenido resultados satisfactorios, es factible la propuesta de emplear un sistema telemétrico mediante la tecnología GSM

### 3.2.4.6. Análisis Topográfico para el empleo de telemetría mediante un Radio Enlace

#### 3.2.4.6.1. Perfil Topográfico Mediante Google Earth

Google Earth nos permite visualizar si existe algún obstáculo que impide la línea de vista (L.O.S) entre estos dos sitios, lo cual puede afectar al desempeño de este enlace.

En la figura N°7 se puede ver que no hay ninguna elevación que podría ser un obstáculo para el radio enlace.

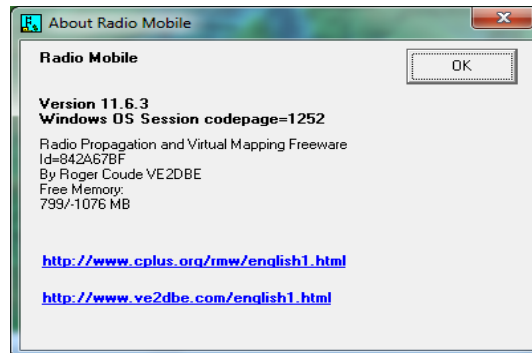


**Figura N° 22: Perfil topográfico directo**

**Fuente: Propia**

### 3.2.4.6.2. Estudio de Radio Propagación modelado con Radio Mobile

Radio Mobile es una aplicación que se usara en este estudio, esta aplicación es de distribucion libre, programa para simular radioenlaces que operan en el rango de 20mHz a 20Ghz.

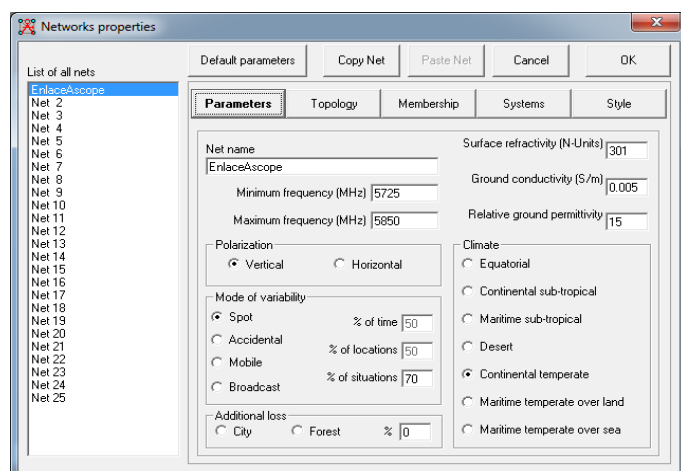


**Figura N° 23: Software Radio Mobile**  
**Fuente: Propia**

## MODELADO

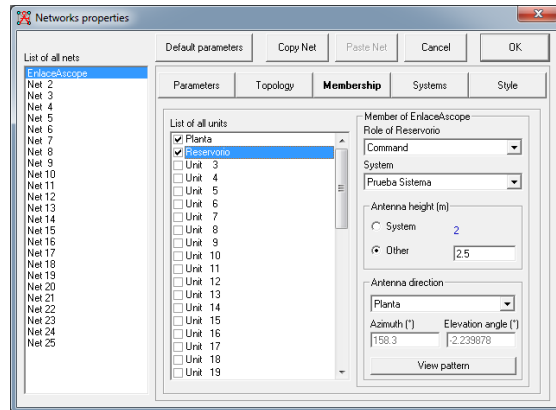
### Propiedades de la Red.

Se define las características que se va a utilizar , colocamos los valores de la red, le damos un nombre en este caso “EnlaceAscope” y de las características del equipo obtenemos las frecuencias de Trabajo. La parte del clima lo dejamos seleccionado por defecto como se muestra en la figura N° 24.



**Figura N° 24: Propiedades de la red del Radio Enlace**  
**Fuente: Propia**  
**Miembros de la Red**

Como se observa en la figura N° 25 configuramos los miembros de la red, en este caso serán 2, la planta de tratamiento de agua y el reservorio.



**Figura N°25: Miembro de la Red**

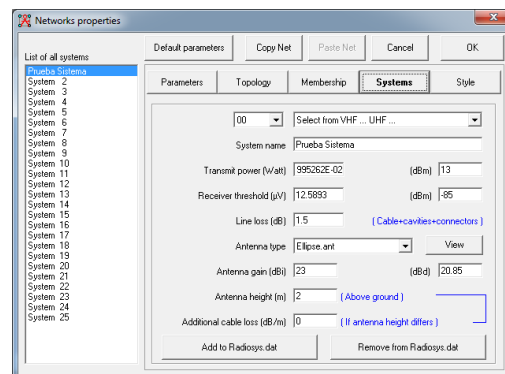
**Fuente: Propia**

## SISTEMAS

Configuramos los parámetros de los sistemas que están involucrados en la red, estos valores de los parámetros los obtenemos de la hoja de especificaciones de los equipos.

### Sensibilidad del Receptor:

El equipo receptor necesita un mínimo de nivel de señal para conseguir un funcionamiento admisible (nivel de calidad), lo que se conoce habitualmente como sensibilidad, la sensibilidad del receptor proporcionada por el fabricante es  $S \text{ (dBm)} = -85.00 \text{ dBm}$



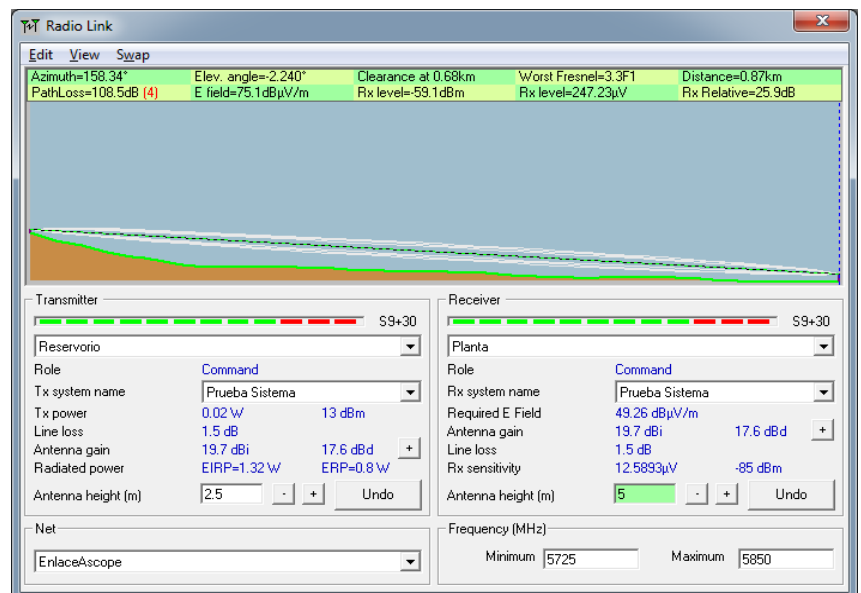
**Figura N° 26: Parámetros de los Equipos**

**Fuente: Propia**



## Resultado del estudio realizado en Radio Mobile del enlace punto a punto

En la Figura N° 27 se detalla que no hay zona sin coberturas por lo tanto realizar la telemetria mediante un radio enlace seria satisfactorio, tambien la figura nos muestra valores como la distancia y altura entre la estacion de la planta de tratamiento de agua y el reservorio , asi como la descripcion de la zona de fresnel, tambien nos frinda el angulo Azimut, entre otros parametros importantes.



**Figura N° 27: Perfil del Enlace del Reservorio y la planta de tratamiento**  
**Fuente: Propia**

### 3.2.5. Técnicas de Procesamiento de datos

El estudio de los diferentes sistemas de control y telemétricos, nos ayudó para analizar y poder dar propuestas.

Para estas propuestas se estudió y evaluó el diferentes tecnologías, a continuación detallamos estas.

#### 3.2.5.1 Análisis de Llenado Del Reservorio.

Por la fórmula para hallar el volumen del cilindro podemos hallar la capacidad máxima del Reservorio y la capacidad a usar.

$$V = \pi r^2 h$$

CAPACIDAD DEL RESERVORIO			
Reservorio de Agua Potable	Diámetro	Altura (m.)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Medida Máxima del Reservorio	12m	6	678.58
Medida a Utilizar del Reservorio	12m	5.3	599.41

**Tabla N 8, Capacidades para las Medidas**

**Fuente: Propia**

Teniendo el caudal que es  $Q = 1,83m^3/m$  se obtiene el tiempo de llenado de la medida máxima y la medida a utilizar, para así lograr obtener el intervalo aceptable de error.

$$Q = \frac{V}{T}$$

$Q$ : caudal,  $V$ : volumen,  $T$ : tiempo

TIEMPO DE LLENADO DE RESERVORIO			
Reservorio de Agua Potable	$Q (m^3/m)$	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Tiempo (minutos)
Medida Máxima del Reservorio	1.83	678.58	370.08
Medida a Utilizar del Reservorio	1.83	599.41	327.55

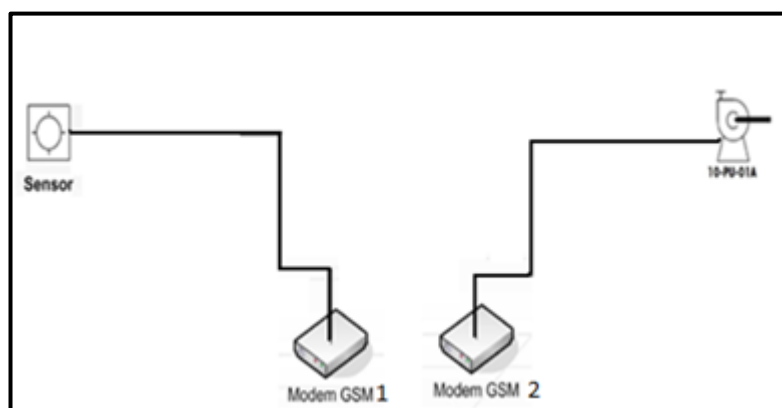
**Tabla N 9, Tiempo de llenados**

**Fuente: Propia**

Con los datos obtenidos determinamos que el tanque llegara a la medida a utilizar en 327.55 minutos y otros 42.53 minutos hasta llegar a la medida limite.

### 3.2.5.2 Propuesta telemétrica utilizando GSM

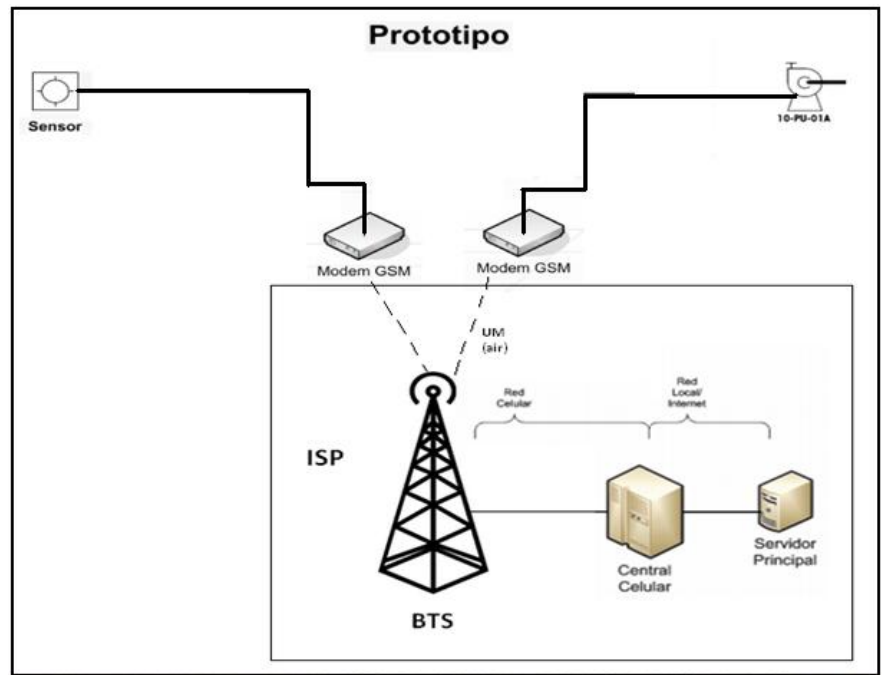
El prototipo mediante GSM abarca desde el sensor de nivel (0-1) el cual enviará un pulso al modem GSM-1 ya que este posee entradas y salidas digitales, este último enviara la data del sensor al otro modem GSM-2 el cual está en la planta de agua para así proceder con el control ON/OFF.



**Figura N° 28: Esquema de la Propuesta de Trabajo en GSM**

**Fuente: Propio**

Se observa que la información proviene del sensor para luego ser enviado a la entrada digital que tiene el modem GSM 1, este modem se conectará a una BTS (Base Transceiver Station) de un ISP por medio de la BTS. El mayor alcance de estas es de 35km, pero esto depende de la potencia de la antena, su ganancia y las condiciones de células. Se observa en la figura 29 el acceso a toda la red que parte desde las estaciones de propagación, a partir de estas BTS y la Central Celular se interconecta con el GPRS Core Network que permite el envío de información de información por SMS al modem GSM que estaría ubicado en la planta, el cual por sus salidas digitales brindará el estado del sensor del reservorio y se continua con el control ON/OFF.



**Figura N° 29: Propuesta de Trabajo en la estructura de la Red GSM**  
**Fuente: Propio**

La velocidad de transferencia teóricas de la red GSM/GPRS es de 56 a 144 Kbps. En la práctica son unos 40 Kbps.

## COMPONENTES DE LA PROPUESTA GSM

- 1- Módem Enfora:** Este dispositivo sólo necesita la tarjeta SIM para conectarse a la red GSM y puede realizar una llamada de datos, de Voz, transmisión de datos sobre GPRS y conectarse a internet.



**Figura N° 30: Módem Enfora GSM1208**  
**(Fuente: Tesis n° 5)**

**3- Fuente de Alimentación:** Entrada: 220vAC. Salida: 24VDC /5A.

**4- Cable Serial:** es un cable utilizado para transferir información entre dos dispositivos que utilizan un protocolo de comunicación. La forma de conectores depende del tipo de puerto serie usado en particular.



**Figura N° 31: Cable Serial**  
**Fuente:** <https://www.startech.com>

**5- Tarjeta SIM:** Es el terminal de usuario que se comunica con la red móvil a través de la interfaz aire (UM). Una estación móvil está constituida por una tarjeta o módulo de identificación de abonado (SIM, Subscriber Identity Module), que permite identificar de manera única al usuario y al terminal móvil.



**Figura N° 32: Tarjeta SIM**  
**Fuente:** [www.espiamos.com](http://www.espiamos.com)

#### **Presupuesto de Telemétrica utilizando GSM**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
2	Módem Enfora GSM1218	700
1	Cables	5
1	Fuente 24 V DC	20
1	Cable Serial x 2	10
1	SIM	1.5
	<b>TOTAL DOLARES</b>	<b>736</b>

**Tabla 10, Tabla de Costos de los Componentes del sistema GSM**

**Fuente: Propia**

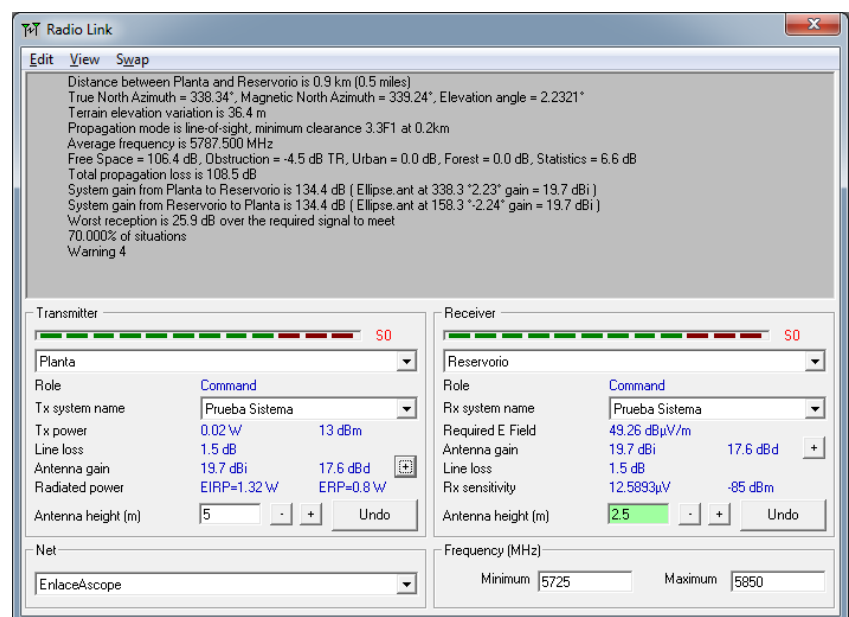
#### **3.2.5.2 Propuesta Telemétrica Utilizando Radio Enlace**

Mediante Google Maps podemos ver la gráfica tridimensional del enlace de las antenas de comunicación en el distrito de Ascope - La Libertad.



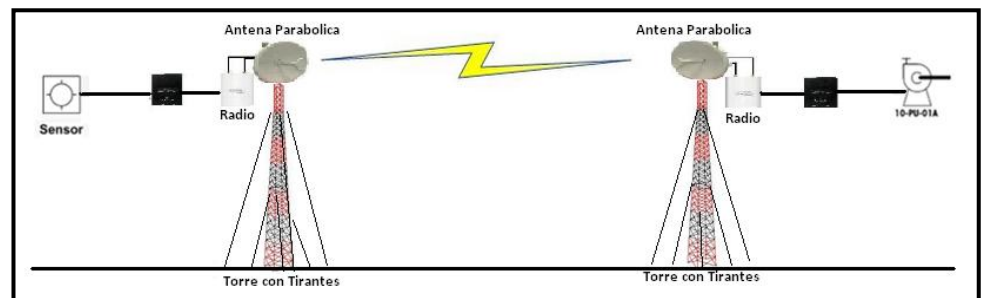
**Figura N° 33: Vista Tridimensional de las antenas de la planta y el reservorio de la Municipalidad de Ascope**  
Fuente: Propia

### Análisis y Cálculo mediante el Software Radio Mobile



**Figura N° 34: Detalles del Enlace del Reservorio y la planta de tratamiento**  
Fuente: Propia

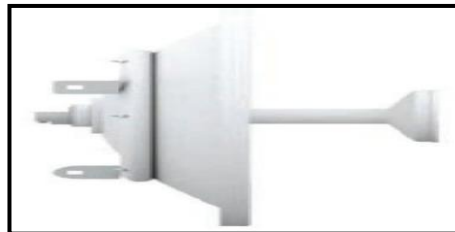
## Propuesta para el Radio Enlace



**Figura N° 35: Esquema de la Propuesta por Radio Enlace**  
**Fuente: Propia**

## Componentes del Radio Enlace

- 1- **Antena RocketDish RD-5G-34:** Antena parabólica trabaja entre frecuencias de 4.90 – 5.90 GHz, posee una ganancia de 34dBi y su diámetro es de 972mm.



**Figura N° 36: Antena RocketDish vista lateral**  
**Fuente: Ubiquiti**

- 2- **Radios Ubiquiti RocketM:** Trabaja a una frecuencia de 5GHz con una ganancia de 25dBm



**Figura N° 37: Sistema de Radio Rocket M5**  
**Fuente: Ubiquiti**

- 3- **Torre soportada con tirante:** Torre fabricada de acero estructural y sometida a un galvanizado en caliente a fin de garantizar su resistencia a la corrosión.

**4- Fuente de Alimentación:** Entrada: 220vAC. Salida: 12VDC /5A.

**Costos de los Componentes del sistema GSM**

Se está planteando el uso exclusivo de antenas Ubiquiti, por los costos que implica la implementación de un radio enlace en otras marcas como Motorola, Cisco, TP Link, etc, que abordan los 5000 dólares, los costos de los equipos son los más asequibles, es así que el uso de esta marca en especial es por el precio y tecnología tan competitivos que tiene el mercado.

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
2	Antena Parabólica	900
2	Radio Ubiquiti	200
2	Torre soportada con Tirantes	3000
2	Batería	50
1	Mano de Obra	500
	<b>TOTAL DOLARES</b>	<b>4650</b>

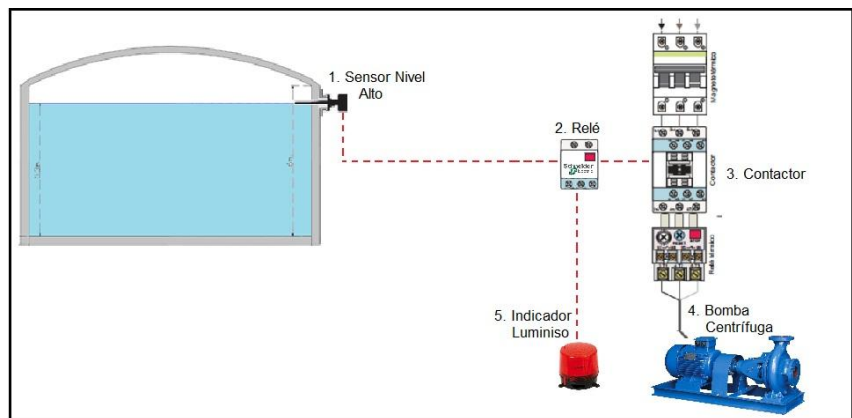
**Tabla 11, Tabla de Costos de los Componentes**  
**Fuente: Propia**



### 3.2.5.3. Propuesta Estrategia de Control ON/OFF

El diseño para este sistema de control de nivel basado en la estrategia de control ON/OFF abarca desde la detección de líquido, lógica eléctrica y la variable de control en este caso la bomba centrífuga.

El interruptor de nivel al detectar el nivel alto conmuta sus relés o estados lógicos. Para luego enviar un estado lógico alto a un relé el a través de uno de sus contactos cerrados el cual desenclavara el contactor que activa la bomba centrífuga y activará un indicador luminoso en señal de confirmación.



**Figura N° 38: Propuesta de Trabajo con la estrategia ON/OFF**  
**Fuente: Elaboración Propia**

### Componentes para una Estrategia de Control ON/OFF.

#### 1. Interruptor de Nivel Capacitivo

Se eligió una sonda de varilla capacitiva para la detección de nivel, la conexión a proceso es tipo brida ASME 3" en SS316L, junta y aislamiento de PTFE, electrodo de SS316L ( $\varnothing 16\text{mm}$ ,  $L=30''$ ), Relé DPDT, Alimentación Eléctrica 20...72VDC, por cumplir con los requerimientos técnicos y ser la propuesta más económica se eligió la Marca VEGA en el modelo VEGACAP63 (DPDT).

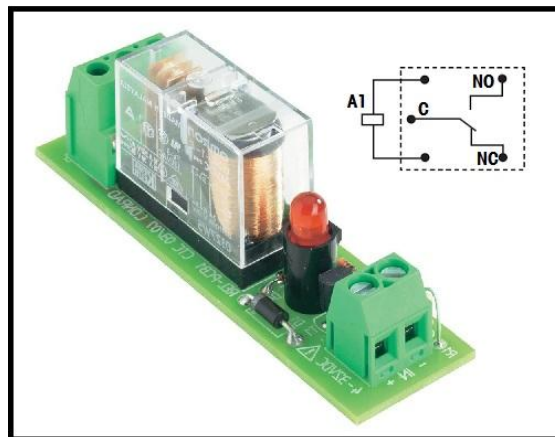


**Figura N° 39: SENSOR VEGACAP63**

**Fuente:** <http://www.vega.com/ /Productos/Interruptores-de-nivel/Capacitivo/VEGACAP-63/>

## **2. Relé SPDT**

Un relé con un contacto SPDT, el cual será activado por el Interruptor de Nivel para realizar la lógica eléctrica en el esquema de control eléctrico de la bomba y activar el indicador luminoso.



**Figura N° 40: RELE SPDT**

**Fuente:** <http://www.dinaut.com/product>

### 3. Circulina Estroboscópica.

Indicador Luminoso Rojo 220vAC que indicará la activación del Interruptor de Nivel Alto.



**Figura N° 41: Circulina Estroboscópica.**  
**Fuente:** <http://www.dinaut.com/product/Circulina-peligro-rojo-220-v/>

### **Costo de los Componentes de la Estrategia de Control ON/OFF**

Se contabilizará el sensor de detección de nivel, relé y un indicador luminoso y también servicio de instalación de la toma a proceso. El resto de equipos (contactor, bomba centrífuga) son existentes.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
1 Und.	Interruptor de Nivel Capacitivo	1100
1 Und.	Relé SPDT	1
1 Und.	Circulina Estroboscópica	17
1 Srv.	Instalación a Proceso de Sensor	150
	<b>TOTAL DOLARES</b>	<b>1268</b>

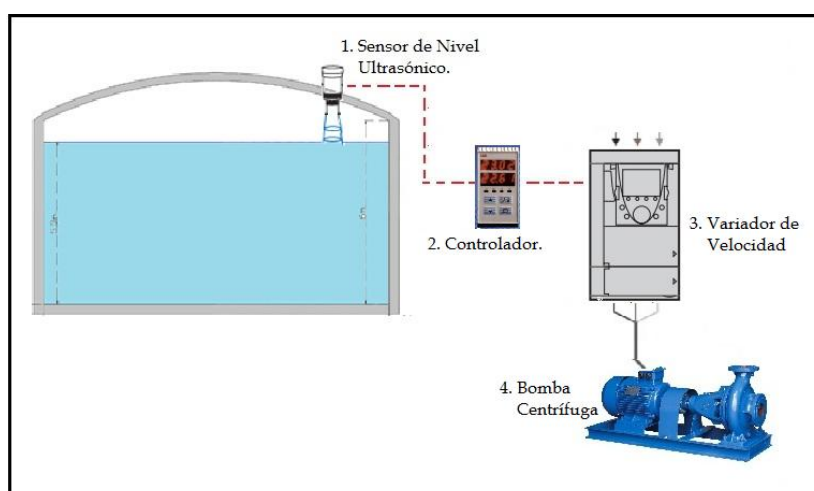
**Tabla 12, Tabla de Costos de los Componentes ON/OFF**

**Fuente: Propia**

### 3.2.5.4. Propuesta Estrategia de Control Clásico o PID

Para el diseño de un control de nivel basándonos en una Estrategia de control Clásica o PID. Involucra una medición continua del nivel de agua (PV) en el reservorio lo cual permite un control en un punto establecido (SP) a través de una variable de control (CV).

Según el ajuste de los valores LRV y URV en el sensor de nivel enviará una señal correspondiente entre 4...20mA, la cual será procesada mediante un controlador de Lazo Simple PID y usando su salida analógica enviará una señal de 4...20mA hacia un variador de frecuencia que controla el motor de la bomba centrífuga.



**Figura N° 42: Propuesta de control PID**  
**Fuente: Elaboración Propia**

### Componentes para una Estrategia de Control Clásica o PID

#### 1. Transmisor Ultrasónico de Nivel

Se eligió un sensor de tipo ultrasónico para la medición continua de nivel, la conexión a proceso es tipo roscada 2" NPT, junta y aislamiento de PTFE, con una detección  $\geq 6\text{m}$ , salida analógica de 4...20mA, Alimentación Eléctrica 20...72VDC, por cumplir con los requerimientos técnicos y ser la propuesta más económica se eligió la Marca SIEMENS en el modelo SITRANS Probe LU.



**Figura N° 43: SENSOR SITRANS Probe LU**

**Fuente:** <http://www.automation.siemens.com/sc-static/catalogs/catalog/FI01/>

## **2. Variador de Frecuencia.**

Se requiere un Variador de Frecuencia, que cumpla con las características del motor de la bomba centrífuga. Potencia 50HP.  $I_n$  134 A. Tensión de Red 220VAC 3Ø. Se seleccionó el variador de la marca SCHNEIDER modelo ALTIVAR61 61HD45M3X



**Figura N° 44: VARIADOR DE FRECUENCIA  
ALTIVAR61**

**Fuente:**

<Http://www.Schneider%20variadores%20de%20velocidad%20%20Altivar%2061.pdf>

### 3. Controlador de Lazo Simple PID

Un controlador con una entrada y salida analógica de 4...20mA que pueda realizar un control de nivel de Lazo Simple PID. Se seleccionó la tarjeta programable “Controller Insider” de Schneider en la cual puede realizarse programación de un lazo simple PID en Lenguaje de contactos (LD), Diagrama de Bloque de Funciones (FBD) a través del Software PS 1131. Posee 2 entradas analógicas, 2 salidas analógicas, 10 entradas lógicas y 6 salidas lógicas de 24VDC.



**Figura N° 45: CONTROLLER INSIDER SCHNEIDER**

**Fuente:**

[Http://www.Schneider%20variadores%20de%20velocidad%20%20Altivar%2061.pdf](http://www.Schneider%20variadores%20de%20velocidad%20%20Altivar%2061.pdf)

### **Costo de los Componentes de la Estrategia de Control Clásica**

Se contabilizará el transmisor ultrasónico de nivel, tarjeta programable y variador de frecuencia y también servicio de instalación de la toma a proceso. El resto de equipos (bomba centrífuga) son existentes.

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1 Und.	Transmisor Ultrasónico de Nivel	1200
1 Und.	Variador de Frecuencia	5100
1 Und.	Controlador de Lazo Simple PID	200
1 Srv.	Instalación a Proceso de Sensor	50
	<b>TOTAL DOLARES</b>	<b>6550</b>

**Tabla 13, Tabla de Costos de los Componentes PID**  
**Fuente: Propia**

### **3.2.5.5. Cuadro Comparativo de los Sistemas Telemétricos**

	<b>GSM</b>	<b>RADIO ENLACE</b>
<b>Cobertura</b>	✓	✓
<b>Velocidad de Transmisión</b> <b>Aceptable para el No</b> <b>Rebose</b>	✓	✓
<b>Simplicidad de Instalación</b>	✓	
<b>Bajo Costo</b>	✓	

**Tabla 14, Tabla Comparativa de Propuestas Telemétricas.**  
**Fuente: Propia**

### 3.2.5.6. Cuadro Comparativo de Estrategia de Control

	ON/OFF	CLÁSICO O PID
Aceptable para el NO Rebose	✓	✓
Bajo Costo	✓	

**Tabla 15, Tabla Comparativa de Propuestas de estrategias  
de control  
Fuente: Propia**



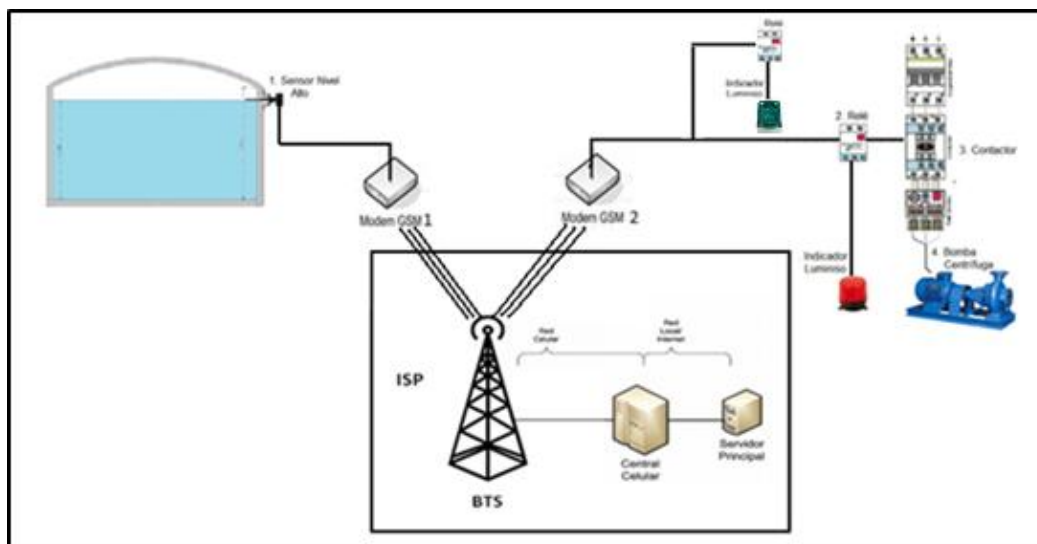
# **CAPÍTULO IV**

## **Resultados**

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Propuesta de Estrategia de control y Tecnología

La propuesta de la estrategia ON/OFF y la tecnología GSM nos dio los siguientes resultados:

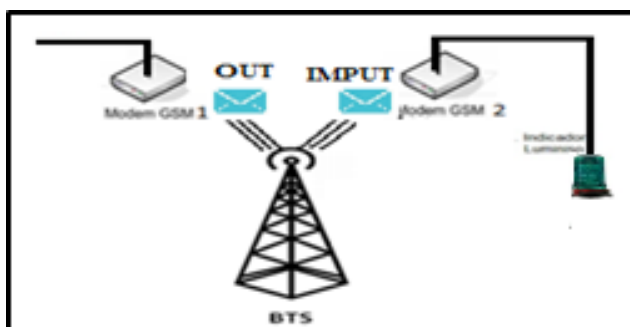


**Figura N° 46: Propuesta de la estrategia de control ON/OFF y tecnología GSM.**  
**Fuente: Propia**

#### Verificación de Comunicación entre Modem GSM

El modem GSM1 enviara un mensaje de sincronismo cada 15 minutos al modem GSM2 el cual utilizara una de sus salidas digitales para encender al indicador luminoso dando conocer si hay comunicación entre ambos Modem GSM.

Por los obtenidos en el procesamiento de datos podemos estimar el tiempo de 15m, por lo que el tanque demorará 42minutos aproximadamente de pasar el nivel del sensor al nivel máximo.



**Figura N° 47: Verificación de Comunicación entre módems GSM.**  
**Fuente: Propia**

## 4.2 Componentes de la Estrategia ON/OFF Y Tecnología GSM

**4.2.1 Módem Enfora:** Este dispositivo sólo necesita la tarjeta SIM para conectarse a la red GSM y puede realizar una llamada de datos, de Voz, transmisión de datos sobre GPRS y conectarse a internet.



**Figura N°30: Módem Enfora GSM1208**  
(Fuente: Tesis n° 5)

**4.2.2 Fuente de Alimentación:** Entrada: 220vAC. Salida: 24VDC - 5A.

**4.2.3 Cable Serial:** es un cable utilizado para transferir información entre dos dispositivos que utilizan un protocolo de comunicación. La forma de conectores depende del tipo de puerto serie usado en particular.



**Figura N° 31 : Cable Serial**  
Fuente: <https://www.startech.com>

**4.2.3 Tarjeta SIM:** Es el terminal de usuario que se comunica con la red móvil a través de la interfaz aire (UM). Una estación móvil está constituida por una tarjeta o módulo de identificación de abonado (SIM, Subscriber Identity Module), que permite identificar de manera única al usuario y al terminal móvil.



**Figura N° 32: Tarjeta SIM**  
Fuente: [www.espiamos.com](http://www.espiamos.com)

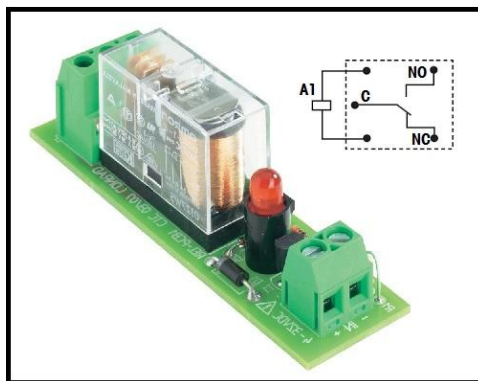
**4.2.5 Interruptor de Nivel Capacitivo:** Se eligió una sonda de varilla capacitiva para la detección de nivel, la conexión a proceso es tipo brida ASME 3" en SS316L, junta y aislamiento de PTFE, electrodo de SS316L ( $\varnothing 16\text{mm}$ ,  $L=30''$ ), Relé DPDT, Alimentación Eléctrica 20...72VDC, por cumplir con los requerimientos técnicos y ser la propuesta más económica se eligió la Marca VEGA en el modelo VEGACAP63 (DPDT).



**Figura N° 39: SENSOR VEGACAP63**

**Fuente:** <http://www.vega.com/ /Productos/Interruptores-de-nivel/Capacitivo/VEGACAP-63/>

**4.2.6 Relé SPDT:** Un relé con un contacto SPDT, el cual será activado por el Interruptor de Nivel para realizar la lógica eléctrica en el esquema de control eléctrico de la bomba y activar el indicador luminoso.



**Figura N° 40: RELE SPDT**

**Fuente:** <http://www.dinaut.com/product>

**4.2.7 Circulina Estroboscópica:** 01 Indicador Luminoso Rojo 220vAC que indicará la activación del Interruptor de Nivel Alto. 01 Indicador Luminoso Verde 220vAC que indicara el estado de la comunicación entre Modem.



**Figura N° 40: Circulina Estroboscópica.**  
Fuente: <http://www.dinaut.com/product/Circulina-peligro-rojo-220-v/>

#### 4.3 Presupuesto de la Estrategia ON/OFF y Tecnología GSM

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
1 Und.	Interruptor de Nivel Capacitivo	1100
2 Und.	Relé SPDT	1
2 Und.	Circulina Estroboscópica	17
2	Módem Enfora GSM1218	700
1	Cables	5
1	Fuente 24 V DC	20
1	Cable Serial x 2	10
1	SIM	1.5
1 Srv.	Instalación	300
	<b>TOTAL DOLARES</b>	<b>2154.5</b>

**Tabla 16, Tabla de Costos de Propuesta Final**  
**Fuente: Propia**

# **CAPÍTULO V**

## **Discusión de Resultados**

## **5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

- ▶ El estudio de las tecnologías para la transmisión de datos nos ayudo a poder escoger la mejor para el problema del rebose y que fuera de bajo costo.
- ▶ La tecnología GSM fue elegida por su simplicidad, accesibilidad y costo.
- ▶ El uso del modem Enfora GSM1208, aparte de poder transmitir datos por SMS también puede usarse como autómata programable.
- ▶ Se eligió la Estrategia de Control ON/OFF ya que el llenado del Reservorio es un proceso tipo Batch y solo se necesita alcanzar un nivel alto para terminar dicho proceso.

# **CAPÍTULO VI**

## **Conclusiones**



## **6. CONCLUSIONES**

- ❖ Se estudio la problemática existente en el reservorio de la Municipalidad de Ascope, encontrando el malestar en el personal y la comunidad por los reboses ocasionados por el control manual existente, ocasionando aniegos y horas adicionales para los trabajadores.
- ❖ Se estudio las estrategias de control, lo cual permitió poder elegir la mejor.
- ❖ Se estudio las tecnologías de telemetría, lo cual permitió poder hacer un análisis de estas para el reservorio de la Municipalidad de Ascope y así poder emplear la mejor.
- ❖ Se propuso la mejor estrategia de control y tecnología de telemetría para la problemática del Reservorio, los materiales para el diseño que se propusieron son una buena alternativa en cuanto a su funcionalidad y costo.

# **CAPÍTULO VII**

## **Referencias Bibliográficas**

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Tesis:

Reinoso, A. & Tocaín, R. (2009). *Diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente usando tecnología GSM/GPRS y Wireless CPU sobre una plataforma OPEN-SOFT (LINUX)*. (Tesis para obtener el título de ingeniero electrónico y telecomunicaciones), Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Lara, R. (2011), *Sistema de encendido de un automóvil con el alcoholímetro y comunicación GSM*, (Tesis para obtener el título en ingeniera en automatización y control), Instituto Politécnico Nacional, México D.F.

Collao, C & Ulco, J. (2016), *Diseño e implementación de un sistema de bombeo remoto para mejorar el encendido del sistema de bombeo de agua en la ciudad de Trujillo en los pozos de SEDALIB S.A en el bosque 2*, (Tesis para obtener el título en ingeniero electrónico), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

Rodríguez, F & Zavaleta, D. (2016), *Diseño e implementación de una red convergente inalámbrica entre las municipalidades de Victor Larco, La esperanza, de la ciudad de Trujillo y la región policial la libertad*, (Tesis para obtener el título en ingeniero electrónico), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

Oyarce, A. (2009), *Implementacion del protocolo Modbus sobre una tarjeta de desarrollo para su uso sobre una red gsm con el enfoque en telemetría*, (Tesis para obtener el título de ingeniero Electricista), Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Vela, Pablo. (2015), *Estudio y diseño de un radio enlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena “alfa y omega”*

*utilizando equipos airmax e ubiquiti*, (Tesis para obtener el título de tecnólogo en electrónica y telecomunicaciones), Universidad de Chile, Santiago de Chile.

**Revista Electrónica:**

Velitchko, G. (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. *Revista Mexicana de Comisión Nacional del agua*, 3(1), 2- 6. Recuperado de <http://nanacamilpa.gob.mx/contenidos/nanacamilpa>

**Documentos en Línea:**

Ordonez, G. (2009). *Sistemas de Comunicación*. Recuperado de <http://www.oocities.org/>

Redtauros. (2012). *Medios de transmisión*. Recuperado de [http://www.redtauros.com/Clases/Medios\\_Transmision](http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision)

# **ANEXOS**

## 7. ANEXOS

**Anexo 1:** Bomba de agua del reservorio de la municipalidad del distrito de Ascope.



**Fuente: Propia**



**Fuente: Propia**

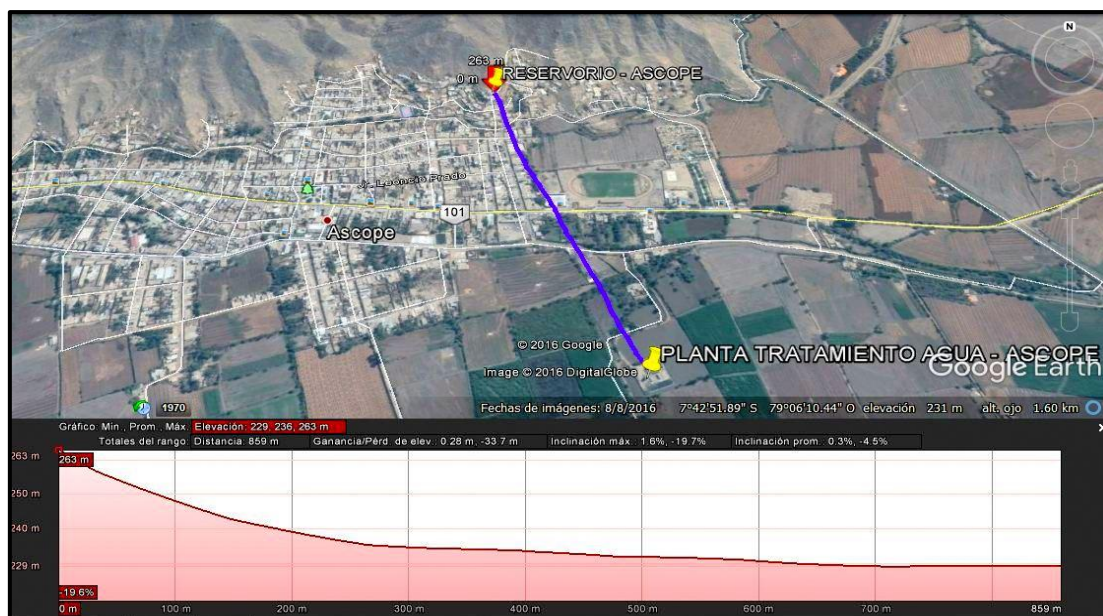


## Anexo 2: Reservorio de la municipalidad del distrito de Ascope.



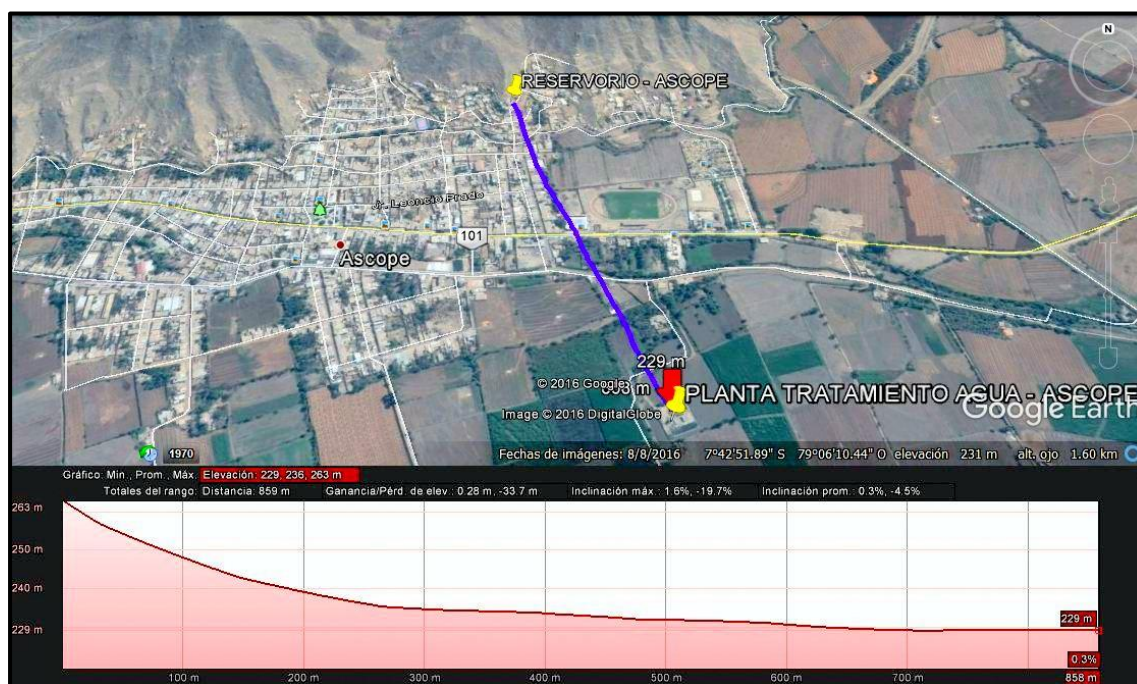
**Fuente: Propia**

## Anexo 3: Ubicación del Reservorio de la municipalidad del distrito de Ascope.



**Fuente: Propia**

**Anexo 4: Ubicación** de la planta de tratamiento de agua de la municipalidad del distrito de Ascope.



**Fuente: Propia**

**Anexo 5: Encuesta a Realizar al operador de la bomba.**

ENCUESTA AL DEPARTAMENTO DE SUMINISTRO DE AGUA	
<b>1. DATOS GENERALES (Información de la Organización que responde el formulario)</b>	
<b>1.1 Nombre completo de la Empresa u Organización:</b>	
<b>1.2 Ubicación (Localidad – Departamento):</b>	
<b>1.3 Nombre de la persona encuestada:</b>	
<b>2. ¿EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA QUE UTILIZAN PARA EL LLNADO DEL RESERVORIO DE AGUA EN LA LOCALIDAD DE ASCOPE FUNCIONA EFICIENTEMENTE?</b>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>(   ) SI</span> <span>( X ) NO</span> </div>	
<b>3. ¿QUE TIPOS DE PROBLEMAS PRESENTA EL ACTUAL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA?</b>	
<div style="height: 100px; border: 1px solid black;"></div>	





## Anexo 6: Hoja de Datos de Modulo GSM ENFORA1208

### Enfora SA-G™

#### GSM/GPRS

#### Quad Band Modem

Presenting the Enfora SA-G, the most economical and compact wireless IP (GPRS/GSM) stand-alone modem available today.

The SA-G can connect to virtually any device with a serial port. The SA-G comes with modem management software supporting Windows 98SE, 2000 Professional and XP

The SA-G makes portability and/or extreme environmental conditions less of a concern with its ruggedized housing.

Call your Enfora representative today or visit our website below.



[www.enfora.com](http://www.enfora.com)

#### SA-G Characteristics

Host Interface: RS232-DSUB 9  
L x W x H: 4.25 x 3.5 x 1.25 in  
Housing: Seamless Aluminum Extrusion  
Antenna: SMA Connector  
Voice Jack: 2.5mm headset Jack  
Radio Frequency: 850/900/1800/1900  
Sensitivity: -106 dB (Typical)  
Transmit Power: Class 4  
(2W @850/900 MHz)  
Class 1  
(1W @1800/1900 MHz)

#### GPRS Packet Data

Mode: Class B, Multislot 10  
Protocol: GPRS Rel 97 and 99,  
SMG 31  
Coding Schemes: CS1-CS4  
Packet Channel: PBCCH/PCCCH

#### GSM Functionality

Voice: FR, EFR, HR & AMR  
CS Data: Asynchronous,  
Transparent and Non-  
Transparent up to 14.4 KB  
GSM SMS: Text, PDU, MO/MT  
Cell broadcast

#### Application Interface

Host Protocols: AT Commands, UDP/API  
Internal Protocols: PPP, UDP/API, UDP/PAD  
CMUX, TCP/PAD  
Physical Interface: RS232  
Peripheral Interface: 8 Pin I/O  
-4 User Defined Digital I/O  
-2 A/D  
-1 Analog Output  
-Ground



#### SIM Access

SIM Access: External - 3V with  
Locking Mechanism

#### Environment

Operating: -20°C to 60°C  
Storage: -40°C to 85°C  
Humidity: Up to 95% non-condensing

#### Power

DC Voltage: 5V - 30V DC (2 Pin Molex Conn)  
GSM Operating Power (Typical)  
SA-GL@12V Avg Current Peak current  
Band Mode (mA) (A)@(dBm)  
GSM 850 & 1TX/1RX 150mA .88 @ 32  
EGSM900 1RX 76mA  
Idle 50mA  
Sleep 20mA  
DCS 1800 & 1TX/1RX 112mA .58 @ 30  
PCS 1900 1RX 72mA  
Idle 21mA  
Sleep 20mA

#### Status Indicators

- Power ON  
- Registration

#### Certifications

FCC: Part 15, 22 & 24  
GCF: Version 3.11  
PTCRB: Version 2.9.1  
Industry Canada and CE Mark

#### Part Number

GSM1208 850/900/1800/1900

(Specifications subject to change without notice)

ENFORA, L.P. 661 E 18<sup>th</sup> STREET PLANO, TEXAS 75074

MAIN NUMBER: 972-633-4400 FAX: 972-633-4444

7/16/04

## Anexo 7: Especificaciones técnicas del sistema de radio Rocket M5

Rocket M5 / M5 GPS - Operating Frequency 5470-5825 MHz*							
OUTPUT POWER: 27 dBm							
5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	DataRate	Avg. TX	Tolerance		DataRate	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24 Mbps	27 dBm	+/- 2 dB	11a	6-24 Mbps	-64 dBm min	+/- 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	+/- 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	+/- 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	+/- 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	+/- 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	+/- 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	+/- 2 dB
11n / AirMax	MCS0	27 dBm	+/- 2 dB	11n / AirMax	MCS0	-96 dBm	+/- 2 dB
	MCS1	27 dBm	+/- 2 dB		MCS1	-95 dBm	+/- 2 dB
	MCS2	27 dBm	+/- 2 dB		MCS2	-92 dBm	+/- 2 dB
	MCS3	27 dBm	+/- 2 dB		MCS3	-90 dBm	+/- 2 dB
	MCS4	26 dBm	+/- 2 dB		MCS4	-86 dBm	+/- 2 dB
	MCS5	24 dBm	+/- 2 dB		MCS5	-83 dBm	+/- 2 dB
	MCS6	22 dBm	+/- 2 dB		MCS6	-77 dBm	+/- 2 dB
	MCS7	21 dBm	+/- 2 dB		MCS7	-74 dBm	+/- 2 dB
	MCS8	27 dBm	+/- 2 dB		MCS8	-95 dBm	+/- 2 dB
	MCS9	27 dBm	+/- 2 dB		MCS9	-93 dBm	+/- 2 dB
	MCS10	27 dBm	+/- 2 dB		MCS10	-90 dBm	+/- 2 dB
	MCS11	27 dBm	+/- 2 dB		MCS11	-87 dBm	+/- 2 dB
	MCS12	26 dBm	+/- 2 dB		MCS12	-84 dBm	+/- 2 dB
	MCS13	24 dBm	+/- 2 dB		MCS13	-79 dBm	+/- 2 dB
	MCS14	22 dBm	+/- 2 dB		MCS14	-78 dBm	+/- 2 dB
	MCS15	21 dBm	+/- 2 dB		MCS15	-75 dBm	+/- 2 dB

## Anexo 8: Características de Antena Rocketdish

Model:	RD-5G-30	RD-5G-34
Worldwide:	4.90 – 5.90 GHz	4.90 – 5.90 GHz
Ganancia:	30 dBi	34 dBi
Diameter:	648 mm	972 mm